

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Bc.Roman Pejchar

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky a výpočetní techniky

**Analýza, návrh a implementace
systému vyhodnocování defektoskopie
kovových materiálů**

**Analysis, design and implementation of
system for evaluation of metal
materials defectoscopy**

2009

Bc. Roman Pejchar

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Roman Pejchar

Studijní program:

N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma:

**Analýza, návrh a implementace systému vyhodnocování defektoskopie
kovových materiálů**

**Analysis, Design and Implementation of System for Evaluation of Metal
Materials Defectoscopy**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je nové SW (případně i HW) řešení pro měření defektů v kovových materiálech. Ve spolupráci s firmou Dites s.r.o. realizujte:

1. Seznamte se s problematikou měření defektů kovových materiálů ve firmě Tediko s.r.o.
2. Seznamte se s požadavky firmy Tediko s.r.o. na vyhodnocování údajů, vytvořte specifikační dokument.
3. Proveďte analýzu problematiky, ověřte možnost využití stávajícího HW řešení pro načítání měřených údajů (preferováno - použita multifunkční karta National Instruments DAQCard-700 pro PCMCIA slot počítače), popř. navrhnete jiné HW řešení.
4. Navrhnete vhodné SW řešení s využitím dostupného problémově orientovaného SW pro OS Windows.
5. Implementujte zvolené HW a SW řešení a ověřte jej v praxi.
6. Vytvořte programátorskou příručku a uživatelskou dokumentaci.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Bittner**

Datum zadání: 30.11.2008

Datum odevzdání: 07.05.2009



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7.5.2009

.....

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

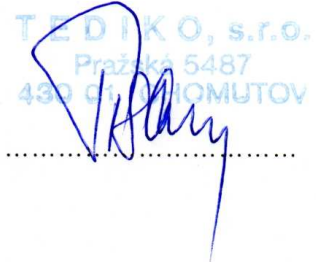
V Ostravě 7.5.2009

.....

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Chomutově 23.3.2009

TEDKO, s.r.o.
Pražská 5487
430 01 CHOMUTOV



Děkuji p.Pavlu Tischlerovi z firmy Tediko, s.r.o., za poskytnutí podkladů, pomoc při analýze problematiky, provedení praktických zkoušek a za připomínky k návrhu řešení.

Děkuji Ing.Josefu Bittnerovi z firmy Dites s.r.o. za odborné vedení práce, zvláště za pomoc při návrhu řešení a při řešení technických problémů.

Děkuji Ing.Jiřímu Keprtovi z firmy National Instruments, Inc., za technickou podporu při řešení problémů s univerzální komunikační kartou DAQCard-700.

Abstrakt

Diplomová práce řeší vytvoření SW díla pro měření a analýzu defektů v kovových nemagnetických materiálech pomocí metod nedestruktivního zkoušení, konkrétně pomocí metody vířivých proudů. SW dílo bude sloužit pro defektoskopii trubek zejména v tepelných a jaderných elektrárnách, které jsou hlavními objednateli měření u zadavatele práce, firmy Tediko, s.r.o., Chomutov.

Hlavním cílem práce je náhrada současného, již nevyhovujícího SW řešení pracujícího v operačním systému DOS, které pro svoji činnost vyžaduje zastaralé SW a HW prostředky. Zároveň by měly být pro měření využity konfigurace měřících sestav, které zadavatel práce v současnosti vlastní a používá.

Vytvořením nového SW řešení se v dalších fázích otevře možnost pro rozšiřitelnost systému měření o nové HW prostředky a o možnost rozšiřitelnosti SW o nové funkční požadavky.

Abstract

This dissertation is to describe development of software intended for defect analysis in nonmagnetic metal materials by using nondestructive testing methods – specifically the Eddy Current Method. This software is going to be specifically used for tubing defectoscopy in thermal and nuclear power plants. This work is done based on Tediko, s.r.o., Chomutov company request, who is major player in this business within Czech Republic.

The main goal of this project is to replace currently used SW product which is considered old fashioned with insufficient capability for current IT technology level. Original software is running under DOS operating system and it uses obsolete SW and HW resources with no support available. One of the key requirements was to utilize standard measurement configurations that Tediko, s.r.o., owns and currently uses on regular basis.

This new SW solution will also allow future functional enhancements by addition various HW and SW modules.

Klíčová slova

API, defektoskopie, Excel, metoda vířivých proudů, nedestruktivní zkoušení, OPC, VBA

Keywords

API, defectoscopy, Excel, Eddy Current Method, nondestructive testing, OPC, VBA

Seznam použitých symbolů a zkratek

API	Application Programming Interface, rozhraní pro programování aplikací
ASŘ	automatizovaný systém řízení
BMP	počítačový formát pro ukládání rastrové grafiky [Wiki]
CD	compact disc, optický disk pro ukládání digitálních dat
COM	Component Object Model, rozhraní společnosti Microsoft pro komunikaci mezi procesy použitelné pro rozličné programovací jazyky [Wiki]
CPOL	Code Project Open License, licence pro volně šiřitelný software
ČEZ	České energetické závody
ČIA	Český institut pro akreditaci
DAQ	Data acquisition, vzorkování reálných signálů a generování dat pro počítačové zpracování [Wiki]
DCOM	Distributed Component Object Model, proprietární technologie společnosti Microsoft pro komunikaci mezi SW komponentami v počítačové síti [Wiki]
FMPE-KDSE	Federální ministerstvo paliv a energetiky – Koncernové diagnostické středisko energetiky
GZIP	volně šiřitelný aplikační SW pro kompresi dat
HDD	hard disk drive, pevný disk počítače určený pro ukládání dat
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství, mezinárodní nezisková organizace pro rozvoj elektrotechnických technologií [Wiki]
ITI	Institut technické inspekce
JPEG	standardní metoda ztrátové komprese pro ukládání obrázků
LAN	Local Area Network, lokální počítačová síť
MVP	Most Valuable Professional, cena udělovaná odborníkům společností Microsoft
NDT	nondescriptive testing, nedestruktivní zkoušení
NMAB	The National Materials Advisory Board, Národní poradní orgán pro materiály v USA [Wiki]
ODBC	Open Database Connectivity, standardizované softwarové API pro přístup k databázovým systémům. Snahou je poskytovat přístup nezávislý na programovacím jazyku, operačním systému a databázovém systému [Wiki]
OEM	Original Equipment Manufacturer, výrobek vytvořený jedním výrobcem pro výrobce jiného, který jej následně prodává pod svou obchodní značkou [Wiki]
OLE	Object Linking and Embedding, technologie společnosti Microsoft umožňující vkládání a propojování dokumentů a dalších objektů [Wiki]
OPC	OLE for Process Control, standard průmyslové komunikace [WebK]
OS	operační systém, základní programové vybavení počítače
PC	personal computer, osobní počítač

PCI	Peripheral Component Interconnect, počítačová sběrnice pro připojení periferií k základní desce počítače [Wiki]
PCX	souborový formát pro ukládání obrázků
PCMCIA	Peripheral Component MicroChannel Interconnect Architecture, rozšiřující slot počítače vyskytující se především v noteboocích [Wiki]
RLE	Run-Length encoding, metoda komprese dat
RS-232	sériové komunikační rozhraní pro propojení dvou zařízení
SRS	software requirements specification, specifikace softwarových požadavků
SŘBD	system řízení báze dat
USB	Universal Serial Bus, standardní sériová sběrnice pro připojení externích zařízení k počítači
VBA	Visual Basic for Applications, programovací jazyk odvozený společností Microsoft od jazyka Visual Basic, který používá v mnoha svých produktech [Wiki]
WSH	Windows Script Host, technologie umožňující spouštění scriptů v prostředí Microsoft Windows
XLS	souborový formát tabulkového procesoru Microsoft Excel
ZIP	souborový formát pro kompresi a archivaci dat

Obsah

Úvod.....	1
1 Teorie měření defektů	2
1.1 Nedestruktivní zkoušení.....	2
1.2 Metody a techniky.....	2
1.3 Metoda vířivých proudů	2
1.3.1 Princip	3
1.3.2 Využití.....	4
1.3.3 Výhody a nevýhody	4
2 Charakteristika firem.....	5
2.1 Tediko, s.r.o., Chomutov.....	5
2.2 Dites, s.r.o., Teplice	5
3 Současný stav měření v Tediko, s.r.o.....	6
3.1 Používaný počítačový HW	6
3.2 Používaný počítačový SW	6
3.3 Další používaný HW	7
4 První fáze projektu	9
4.1 Specifikace požadavků.....	9
4.2 Analýza a návrh řešení	10
4.2.1 Komunikační rozhraní.....	10
4.2.2 SW prostředí	10
4.2.3 Architektura.....	11
4.3 Popis standardu OPC	11
4.3.1 Architektura OPC.....	12
4.3.2 Platforma Windows a OPC	13
5 Ověření navržené architektury	14
5.1 Ovladač DAQCard-700.....	14
5.1.1 Instalace a konfigurace.....	14
5.1.2 OPC Server	16
5.1.3 API rozhraní	17
5.2 OPC klient.....	18
5.2.1 Řešení od firmy Resolvica, Inc.	19
5.2.2 Řešení od firmy OPCWare.....	21
5.3 Přehodnocení architektury	23
5.4 Struktura nové architektury.....	24
5.4.1 Upřesnění specifikace požadavků	24
5.4.2 Návrh datové vrstvy	25
5.4.3 Architektura SW díla.....	26
6 Implementace modulu měření.....	28
6.1 Čtení měřených dat	28
6.1.1 Požadavek asynchronity.....	29
6.1.2 Omezení počtu vzorků	31

6.2 Organizace datové vrstvy	32
6.2.1 Vnitřní struktura souborů	32
6.2.2 Adresářová struktura	33
6.3 Komprese dat	34
6.3.1 Huffmanovo kódování	34
6.3.2 RLE kódování	35
6.3.3 Formát ZIP	35
6.4 Implementace komprese dat	36
6.4.1 Rozšíření datové vrstvy	36
6.4.2 Přidání kompresního algoritmu	36
6.5 Doplnující údaje	37
7 Implementace modulu analýzy	38
7.1 Dekomprese dat	38
7.2 Organizace dat	39
7.3 Identifikační údaje	40
7.4 Zobrazení měřených složek	40
7.5 Omezení datových bodů grafu	41
7.6 Výběr detailů křivek	42
7.7 Výpočet vady	43
7.8 Hodnocení kvality	43
7.9 Statistika kvality	44
7.10 Doplnující údaje	45
8 Testování	46
8.1 První test	46
8.2 Druhý test	46
8.3 Třetí test	47
8.4 Závěry testování	47
Závěr	50
Literatura	52
Seznam příloh	53
Obsah CD	54

Úvod

Zadání této diplomové práce vzniklo na základě potřeby aktualizace nebo vytvoření nového SW řešení pro měření metodou vířivých proudů ve společnosti Tediko, s.r.o. Ta používá tuto nedestruktivní metodu pro diagnostiku defektů v trubkách. Poslední aktualizace v současnosti používaného programu s názvem TEDECT je již více než 14 let stará. Program pracuje se zastaralými SW i HW prostředky a jeho používání je již v současné době nevyhovující – ať jde o uživatelský komfort (program je určen pro operační systém DOS), problematický export výstupů nebo problémy se zajišťováním starších typů notebooků, na kterých by systém mohl pracovat.

Poptávané řešení slouží pro měření kovových nemagnetických materiálů (hliník, mosaz, titan, austenitické nemagnetické oceli, měď, ...). Pro měření magnetických materiálů, jako je např. železo, by se musel materiál nejprve zmagnetizovat pomocí tzv. magnetického sycení, kdy se využívá sonda s magnetem. To se v systému, který má být implementován, nepoužívá.

Vyhodnocování naměřených údajů je pro společnost a její zákazníky velmi důležité. Naměřené křivky, které jsou součástí výsledných dokumentací, jsou používány pro srovnávání kvality trubek při kontrolách po uplynutí určitého časového období. Na základě těchto údajů se posuzuje další životnost trubek, určuje se degradace materiálu v čase. Takto je možno ušetřit významné finanční prostředky, neboť se pak přesně ví, kdy je nutno zařízení vyměnit. K výměně nedochází zbytečně brzy, jak tomu často bývalo v dřívějších dobách. Při eventuelních haváriích lze také dohledat příčiny závad.

Hlavními zákazníky, kteří poptávají kontrolu trubek, jsou jaderné a tepelné elektrárny (Dukovany, Temelín, Chvaletice, Dětmarovice, Prunéřov, Ledvice, ...), teplárny a společnosti chemického průmyslu (Synthos Kralupy nad Vltavou, ...).

Společnost Tediko, s.r.o., nejprve za účelem úpravy starého programu poptala několik firem, a to včetně výrobce původního SW řešení. Poptané firmy nebyly schopny nebo ochotny požadavek aktualizace řešit, neboť jde o zastaralý systém a náklady by byly neadekvátní. Vesměs bylo doporučeno vytvoření řešení nového. V další fázi tedy byla poptána také firma Dites, s.r.o., a to již za účelem vyvinutí nového programu. Nabídl jsem oběma firmám realizaci řešení v rámci diplomové práce pod záštitou společnosti Dites, s.r.o., což bylo akceptováno.

Hlavním tématem diplomové práce je tedy vyřešení zadané problematiky a vytvoření požadovaného programu. V textu práce jsou objasněny základní pojmy, navržená řešení, postupný průběh prací a řešené problémy. Při změnách původní navržené architektury jsou vysvětleny konkrétní důvody změn a popsán způsob nových řešení. V posledních kapitolách jsou stručně popsány základní vlastnosti nových navržených modulů systému a výsledky testování.

Práce se týká použitých SW řešení, nejsou popisovány mechanismy a postupy pro konkrétní vyhodnocování vad prováděné na základě systémem poskytnutých zobrazení a výpočtů. Toto je již know-how zadavatele práce, společnosti Tediko, s.r.o., a nebylo to ani účelem této práce.

1 Teorie měření defektů

Principy nedestruktivního zkoušení materiálů a teorie vyhodnocování defektů nejsou předmětem této práce. Přesto je dobré pro uvedení do problematiky stručně zmínit několik hlavních bodů této oblasti.

1.1 Nedestruktivní zkoušení

Nedestruktivní zkoušení (dále jen NDT) zahrnuje metody používané pro zkoušení určitého produktu nebo materiálu nebo systému, aniž by se narušila jejich budoucí použitelnost či ovlivnila schopnost plnit předpokládanou funkci.

Zkušební nedestruktivní metody využívají přiměřenou formu energie pro stanovení materiálových vlastností nebo pro indikování přítomnosti materiálových diskontinuit (nespojností).

Od 20.let minulého století se umění zkoušet, aniž by byl zkoušený předmět zničen, rozvinulo z laboratorní kuriozity na nepostradatelný informační zdroj kvality výroby. NDT jsou ve velké rozmanitosti v celosvětovém užívání proto, aby odhalovaly výkyvy ve struktuře, drobné změny v jakosti povrchu, přítomnost trhlin nebo jiných fyzikálních nesouvislostí, tloušťku materiálů a nátěru a stanovují řadu jiných charakteristik průmyslových výrobků a materiálů. [NZ08]

1.2 Metody a techniky

NDT je většinou definováno sestavením seznamu metod nebo klasifikováním různých technik. Americký výbor ustavený pro nedestruktivní zkoušení při Národním poradním orgánu pro materiály (NMAB) vytvořil systém, který klasifikuje NDT pracovní techniky do šesti hlavních metodických kategorií [NZ08]:

1. Vizuální
2. Pronikavé záření (radiace)
3. Magneticko-elektrické
4. Mechanické vibrace
5. Termální
6. Chemické/elektrochemické

1.3 Metoda vířivých proudů

Metoda NDT, kterou využívá firma Tediko, s.r.o., pro měření vad trubek a která bude předmětem pro zpracování a vyhodnocení pomocí nového SW díla, je metoda vířivých proudů. Tato metoda spadá do kategorie magneticko-elektrické podle klasifikace NMAB.

Základ metody vířivých proudů (v angl. Eddy Current Method) souvisí s objevem elektromagnetické indukce anglickým objevitelem Michaelem Faradayem v roce 1831. Faraday zjistil při svých experimentech, že při změnách magnetického pole dochází ve vodičích, nacházejících se v tomto poli, k indukci elektrického napětí.

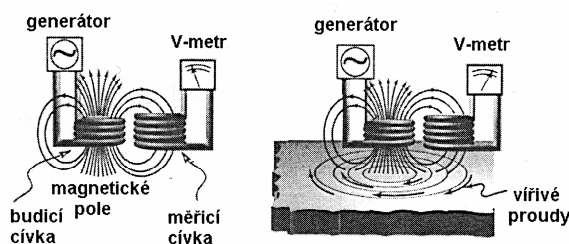
Elektrické napětí se nemusí indukovat pouze v elektrickém vodiči, ale v jakémkoliv elektricky vodivém prostředí, jež se nachází v působnosti měnícího se magnetického pole.

Jde-li o kompaktní elektricky vodivé těleso, pak se obecně v rovinách kolmých na vektor magnetické indukce indukují proudy, jež nazýváme podle tvaru, připomínajícího vodní vír, vířivými proudy. Existenci tohoto jevu zaznamenal již v první polovině 19.století Francouz Dominique Arago a roku 1830 také jeho krajan, fyzik J.B.Foucault. Proto se můžeme ve francouzsky mluvících zemích setkat s označením Foucaultovy proudy.

V roce 1879 další vědec Hughes zaznamenal změny ve vlastnostech cívky, když ji umístil do kontaktu s kovy různé vodivosti a permeability (tedy míry magnetizace v důsledku působení magnetického pole). V roce 1937 při zkoumání magnetických vlastností kovů objevil Friedrich Förster vliv zemského magnetického pole na zkušební cívku v průběhu zkoušení. Poté začal s vývojem vysoce citlivých měřících přístrojů magnetického pole. V 50.letech 20.století byly položeny vědecké základy elektromagnetických zkušebních metod. [NZ08]

1.3.1 Princip

Metoda vířivých proudů při nedestruktivní kontrole materiálů, polotovarů a výrobků je založena na tom, že se zkoušený objekt, jenž má určitou elektrickou vodivost, magnetickou permeabilitu a určité rozměry, vystaví působení střídavého magnetického pole, vytvořeného budicí cívkou, napájenou střídavým proudem. V tomto objektu, jak již bylo řečeno, se indukují vířivé proudy, jež svým magnetickým účinkem působí zpětně na magnetické pole původní – budicí. Tato dvě magnetická pole – primární od budicí cívky a reakční od vířivých proudů – se vektorově skládají ve výsledné pole, jež bude záviset na elektrické vodivosti a magnetické permeabilitě zkoušeného objektu. V měřicím vinutí snímače se tedy indukuje napětí ovlivněné magnetickými a elektrickými parametry kontrolovaného objektu.



Obr. 1.1 Princip metody vířivých proudů [Nz08]

Kromě toho závisí indukované napětí také na frekvenci budicího proudu (s rostoucí frekvencí se zvyšuje velikost vířivých proudů) a na tvaru objektu.

Princip nedestruktivní metody vířivých proudů spočívá v tom, že strukturní stav materiálu změni uvedené magnetické a elektrické parametry, nebo přítomnost defektu přeruší část drah vířivých proudů, takže jejich zpětný účinek na budící pole se změni. [NZ08]

1.3.2 Využití

Metody vířivých proudů lze využít k následujícím účelům [NZ08]:

- detekce materiálových diskontinuit, např. trhlín, povrchových prasklin, přeložek, poruch svarů apod.
- měření tloušťky stěn, měření naplátování feromagnetických i neferomagnetických vrstev na kovovém i nekovovém podkladu
- kontrola povrchových vrstev kovů (např. oduhličení, nitridace apod.)
- měření tloušťky laků
- kontrola strukturního stavu kovů při tepelném zpracování
- kontrola záměn materiálu
- kontrola mechanického napětí

SW dílo vytvořené v rámci této práce bude firmou Tediko, s.r.o., používáno zejména za účelem detekce materiálových nespojitostí jako jsou trhlíny, povrchové praskliny, poruchy svarů apod.

1.3.3 Výhody a nevýhody

Výhody metody vířivých proudů [NZ08]:

- relativně levná kontrola vůči některým jiným např. prozařovacím metodám
- možnost realizovat lehké přenosné přístroje pro nedestruktivní kontrolu
- možnost automatizace kontrolního procesu
- není třeba před kontrolou speciálně upravovat povrch oproti např. penetračním metodám
- jde o bezkontaktní metody na rozdíl např. od ultrazvukových metod
- jedna z mála metod umožňující měření při vysokých teplotách (kontrola za tepla válcovaných materiálů)

Nevýhody metody vířivých proudů [NZ08]:

- nemožnost indikace vad hluboko pod povrchem
- značná citlivost na rozměry součásti, okrajový efekt

2 Charakteristika firem

Společnost Tediko, s.r.o., je zadavatelem práce u bude uživatelem výsledného SW díla. Řešení bylo poptáno u společnosti Dites, s.r.o., která umožnila realizaci zakázky formou zadání této diplomové práce.

2.1 Tediko, s.r.o., Chomutov

Společnost byla založena v roce 1992 specialisty s dlouholetou zkušeností v oblasti materiálových kontrol a expertiz, laboratorních materiálových šetření a diagnostiky zařízení, a to především zařízení elektráren, tepláren, zařízení v chemickém průmyslu a v dalších odvětvích. Vzešla z původního Odboru kontroly materiálu jaderných elektráren ČEZ, a.s. V roce 1996 pak převzala celou původní resortní zkušebnu FMPE-KDSE Chomutov.

Společnost se věnuje průmyslové diagnostice, technické kontrole, nedestruktivnímu zkoušení a laboratornímu šetření materiálu. Nabízí návrhy řešení kontroly, její realizaci, materiálovou expertízu a možnost výpočtů životnosti různých systémů.

Společnost Tediko, s.r.o., je zkušebnou akreditovanou Českým institutem pro akreditaci (ČIA), vlastní oprávnění od Institutu technické inspekce (ITI) a je auditována jejími největšími odběrateli. Je také akreditovanou zkušebnou pro více než 70 zkoušek v oblasti chemického rozboru materiálu, rozboru vod, korozních zkoušek, zkoušek tečení za zvýšených teplot, mechanických zkoušek kovů, metalografických šetření a nedestruktivního zkoušení materiálu. Osvědčení o akreditaci bylo vydáno podle ČSN EN ISO/IEC 17025 ve shodě s ČSN ISO 9002. [WebT]

2.2 Dites, s.r.o., Teplice

Společnost byla založena v roce 1990 specialisty s dlouholetými zkušenostmi v oblasti automatického systému řízení (ASŘ) technologických procesů.

Hlavní činností firmy je tvorba a zavádění ASŘ technologických procesů se zaměřením na automatické vážicí a dávkovací linky a výrobní procesy se sekvenčním charakterem řízení, včetně projekce, realizace či rekonstrukce rozvodových částí. Společnost zajišťuje a realizuje především komplexní dodávky řídicích systémů, analýzu řízení, projektování elektrických a strojních zařízení, dodávky a rekonstrukce silnoproudých a slaboproudých zařízení apod. Vyvíjí vlastní technická řešení pro průmyslovou automatizaci a poskytuje poradenství, inženýrskou činnost nebo projektování v oblasti průmyslové automatizace.

Hlavní pole působnosti firmy je v oborech zemědělství a potravinářství, sklářského a keramického průmyslu, ve výrobě betonových a maltových směsí, v chemickém průmyslu a při řízení povrchové těžby surovin.

Společnost je držitelem systému jakosti ČSN EN ISO 9001:2001. [WebD]

3 Současný stav měření v Tediko, s.r.o.

Jak již bylo řečeno, nové SW dílo zpracované v rámci této práce bude sloužit pro měření a vyhodnocování defektů materiálů pomocí metody vířivých proudů. Společnost Tediko, s.r.o., je nejstarší a z hlediska kapacity a znalostí největší kontrolní organizací v oblasti provozních kontrol metodou vířivých proudů v České republice. Pro tyto účely používá vlastní know-how včetně vlastního vývoje komponent pro zkoušení a vlastního software s označením TEDECT. Tento SW produkt je však již nevyhovující, protože pro svoji činnost vyžaduje zastaralé SW a HW prostředky.

3.1 Používaný počítačový HW

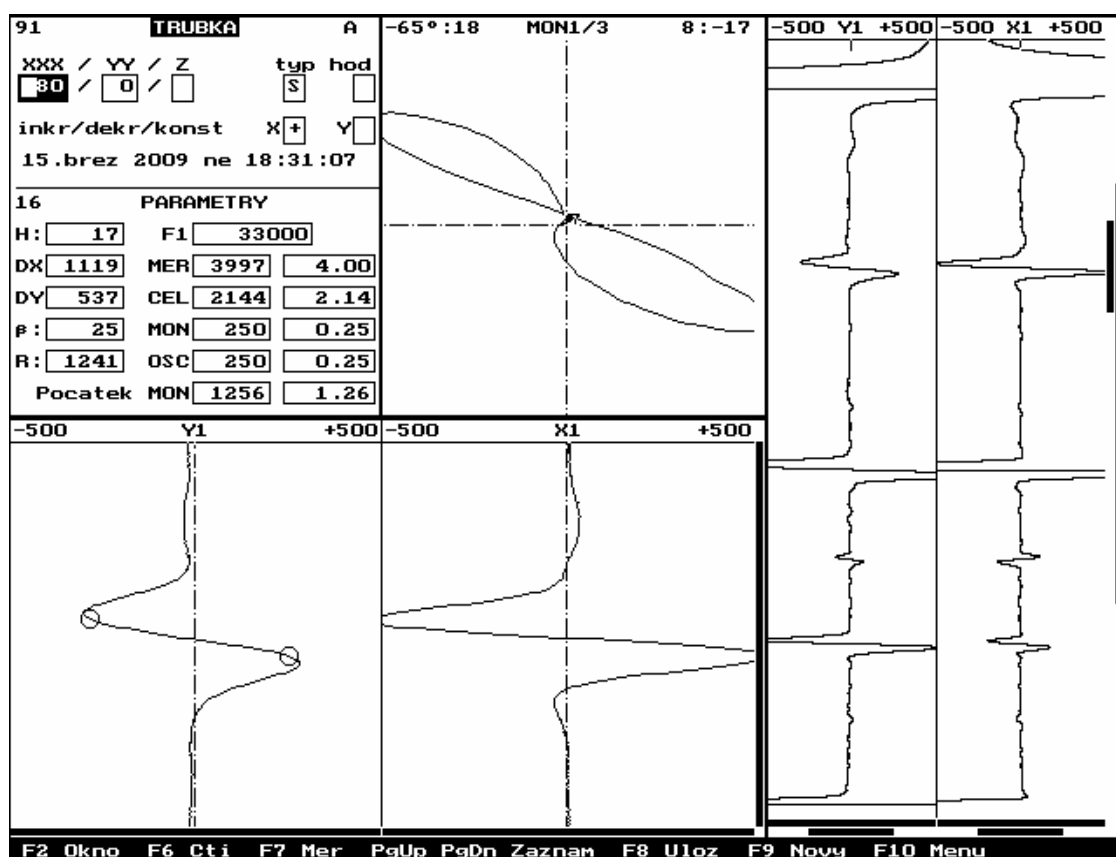
Pro měření v provozních podmínkách se používají laptopy značky Toshiba, které již dosluhují, jsou často poruchové a není jednoduché zajistit jejich opravu z důvodu nedostatku starších typů náhradních dílů. Jejich náhrada novými typy notebooků je také komplikovaná z důvodu podpory operačního systému DOS, který je nutný pro činnost programu TEDECT. V nedávné době bylo zakoupeno několik repasovaných starších typů notebooků IBM ThinkPad.

3.2 Používaný počítačový SW

Pro měření metodou vířivých proudů firma používá vlastní SW produkt TEDECT pracující v operačním systému DOS. Jak program, tak operační systém jsou již zastaralé a nevyhovují současným podmínkám v oblasti počítačové techniky.

TEDECT je univerzální měřicí, záznamový, archivační a vyhodnocovací SW. Autorem způsobu měření a jeho vyhodnocování je firma Tediko, s.r.o., autorem softwarového provedení je Ing. Věra Mravcová, Pezinok, Slovenská republika. SW byl vyvinut v programovacím prostředí Borland Turbo C++ v letech 1992 až 1995 a v současné době je používána verze 5.1.

Cílem programu TEDECT bylo nahradit původní způsob zaznamenávání neměřených údajů na papír za zaznamenávání na magnetické médium a jejich vyhodnocování na osciloskopu a papíru nahradit vyhodnocováním podstatně přesnějšího záznamu na obrazovce počítače nebo ve vyšších verzích programu vyhodnocováním poloautomaticky zadaným algoritmem. [TedN]



Obr. 3.1 Ukázka programu TEDECT verze 5.1

3.3 Další používaný HW

Pro měření metodou vířivých proudů se měřící sestavy kromě již zmíněného počítačového HW a SW skládají z dalších HW komponent:

- měřící sondy českého výrobce Indetec. Sondy obsahují snímače, v jejichž vinutí se indukuje napětí, které se dále vyhodnocuje. Snímače lze podle počtu vinutí rozdělit na absolutní (jedno vinutí) a diferenciální (dvě vinutí). Snímače představují vstupní a velmi důležitou část defektoskopických zařízení. [WebT] [Nz08]



Obr. 3.2 Diferenciální sonda Indetec

- univerzální měřicí defektoskopy firem Rohmann a Hocking. Na těchto měřících přístrojích se nastavuje řada parametrů měření jako např. způsob měření (absolutní nebo diferenciální), měřené frekvence, nastavení výstupních komunikačních kanálů, úroveň měřeného napětí, úhel, fázový posun, filtrace signálu (odstup od šumu) apod.



Obr. 3.3 Rohmann Elotest B1 [WebR]



Obr. 3.4 Hocking phasec D62

- multifunkční vstupně/výstupní komunikační karty DAQCard-700 firmy National Instruments, Inc. Karta je určena do typu II PCMCIA rozšiřujícího slotu počítače (notebooku). Obsahuje 16 absolutních nebo 8 diferenciálních 12-ti bitových analogových vstupů (podle způsobu přenosu signálu) se vzorkovací frekvencí až 100 000 vzorků za sekundu, 16 vstupně/výstupních digitálních signálů a dva 16-ti bitové čítače s frekvencí 8 MHz. [WebN]



Obr. 3.5 NI DAQCard-700 [WebN]

- pomocná zařízení vlastní výroby a firmy Indetec, propojovací kabely a konektory firmy National Instruments, Inc.



Obr. 3.6 Ukázka měřící sestavy [WebT]

4 První fáze projektu

Na počátku celého projektu se sešli zástupci obou firem za účelem posouzení možností jeho provedení. Technický ředitel Dites, s.r.o., Ing.Bittner byl seznámen se způsobem a účelem měření, s programem TEDECT a jeho propojením s HW částí měřicího systému. Byly také nastíněny základní požadavky na nový systém. Pro další posouzení eventuelní realizace byla zapůjčena dokumentace k programu [TedN] včetně zdrojového kódu a dokumentace ke komunikační kartě DAQCard-700 [DaqN].

Realizace úkolu byla ve firmě Dites, s.r.o., vyhodnocena jako proveditelná. Nabízelo se několik možností technického řešení, které bylo nutno prověřit. Situaci jsem s Ing.Bittnerem prodiskutoval, Ing.Bittner přijal nabídku na vedení diplomové práce a obě společnosti následně uzavřely dohodu o provedení díla formou diplomové práce. Ostatní obchodní podmínky související s tímto dílem jsou záležitostí obou společností a nejsou předmětem této práce.

4.1 Specifikace požadavků

Hlavním a prioritním požadavkem byla náhrada programu TEDECT se zachováním nebo adekvátní náhradou veškeré funkcionality, kterou obsahuje. Program měl pracovat v operačním systému Microsoft Windows.

Detailnější specifikaci SW požadavků bylo dohodnuto provést v další fázi vývoje projektu, po určení a ověření konkrétního technického řešení. Bylo také stanoveno, že nebudou požadována žádná rozšíření oproti původnímu programu. Eventuelní rozšíření funkčnosti by v případě zájmu Tediko, s.r.o., bylo provedeno v dalších budoucích verzích SW díla, které již nebudou součástí této diplomové práce.

Součástí prvotní specifikace bylo také posouzení stavu HW části měření:

Notebooky Z důvodu zastaralosti používaných notebooků bylo rozhodnuto pro nový systém měření zakoupit notebooky nové. Požadavky na jejich vybavení závisely na budoucím technickém řešení a bylo určeno, že tyto budou součástí budoucího Dokumentu specifikace požadavků (Příloha 1).

Sondy a defektoskopy Jedním z požadavků bylo zachování současných měřicích sestav, zejména měřicích sond a používaných univerzálních defektoskopů. Tato část systému tedy neměla být nahrazena a protože k takovým změnám ani nebyl důvod, v žádné fázi vývoje se o tom ani neuvažovalo.

Komunikační karty Nedílnou součástí sestav je univerzální komunikační karta DAQCard-700 pro připojení defektoskopu k počítači. Společnost Tediko, s.r.o., vlastní několik kusů těchto karet a preferovala jejich zachování. Pokud by to nebylo možné, další možností by byla jejich

náhrada za jiný typ karet, ovšem zachování bylo považováno za velkou výhodu - podařilo by se tak ušetřit finanční prostředky (cena jedné karty včetně propojovacího kabelu s konektorem se v době řešení tohoto problému, tedy ve 2.polovině roku 2008, pohybovala kolem 20 000,- Kč).

4.2 Analýza a návrh řešení

4.2.1 Komunikační rozhraní

Základním problémem úvodní fáze projektu bylo vyřešení obsluhy komunikačního rozhraní mezi HW a SW částí celého měřicího systému. Toto rozhraní představovala komunikační karta DAQCard-700, se kterou jsme ani já, ani firma Dites, s.r.o., neměli předchozí zkušenosti.

Prvním úkolem se tedy ukázal problém, jak s kartou komunikovat a načítat měřené údaje v operačním systému Windows. Ve firmě Dites, s.r.o., bylo provedeno prvotní zběžné šetření, kdy nebyla nalezena podpora karty pro OS Windows. Důvodem byla, jak jsem se později sám přesvědčil, zastaralost karty a v té době (červenec 2008) již její malá podpora ze strany výrobce. Bylo proto navrženo vytvořit softwarový ovladač pro komunikaci s kartou, a to jako jádro diplomové práce.

Se zadaným úkolem jsem souhlasil a seznámil se se zapůjčenou originální dokumentací komunikační karty [DaqN]. Na jejím základě jsem zjistil, že výrobce karty, společnost National Instruments, nabízí vlastní vývojová programovací prostředí pro OS Windows (LabVIEW, LabWindows), a to mimo jiné také pro použití s kartou DAQCard-700. Provedl jsem proto vlastní šetření na webovém portálu National Instruments [WebN], kde se mi podařilo dohledat ovladač karty pro operační systémy Windows verzí 95/98/ME/NT/XP. Tento ovladač byl k dispozici zdarma. Se situací jsem seznámil vedoucího práce a od vytvoření ovladače vlastního bylo upuštěno.

4.2.2 SW prostředí

Po prokonzultování možností volby programovacího prostředí pro tvorbu SW díla jsme se s Ing.Bittnerem, vzhledem k charakteru analýzy výsledků měření, která je prováděna formou grafů, již od počátku shodli na použití tabulkového procesoru Excel z kancelářské sady Microsoft Office. Jeho výhodou je silná podpora práce s grafy, implementovaný systém maker, podpora programovacího jazyka VBA a velká flexibilita. Další podstatnou výhodou, ke které bylo přihlédnuto, je jeho rozšířenost, kdy tento nástroj používá velká řada jednotlivců i firem a je v současnosti v oblasti tabulkových procesorů v podstatě standardem. Společnost Dites, s.r.o., má již zkušenosti s používáním tohoto nástroje pro některé typy měřících úloh (např. SW pro vyhodnocování činnosti telefonních ústředí).

Ani společnost Tediko, s.r.o., není v používání Excelu výjimkou a sadu Microsoft Office má zakoupenou. Využívá z ní také programy Word, Publisher nebo Power Point. Pracovníci firmy tak mají s Excelem určité zkušenosti a uživatelské prostředí včetně některých nástrojů jim jsou známy. Přidává se tak výhoda možnosti přizpůsobení výsledného programu samotnými

uživatelé, kteří budou provádět vyhodnocení výsledků měření. Toto by ve většině jiných uživatelských prostředí nebylo možné.

Podstatným argumentem byla také ekonomická stránka. V případě nutnosti použití specializovaného SW prostředí pro vývoj aplikace vznikají provádějící firmě náklady na jeho pořízení a zakoupení licence, které se pak promítají do výsledné ceny za provedení díla. Softwarové nástroje, které má Dites, s.r.o., v současnosti k dispozici (např. průmyslový řídicí a informační systém Control Web), nejsou pro tento typ aplikace tolik vhodné. V úvahu by pak také připadalo použití vývojových prostředí National Instruments, výrobce DAQCard-700, kde je zajištěna dobrá podpora této karty. Cena za systém LabVIEW Full Development se však v současné době (2008/2009) pohybuje okolo 67 000,- Kč. Oproti tomu cena celé sady Microsoft Office, jejíž několik licencí navíc zadavatel práce již vlastní, se např. ve verzi Standard pohybuje okolo 12 000,- Kč a je možno zakoupit i levnější verze (nebo zakoupit verze OEM přímo s novým počítačem).

4.2.3 Architektura

Nyní zbývalo určit, jakým způsobem bude zajištěno načítání měřených údajů do prostředí Microsoft Excel. Muselo být zajištěno čtení naměřených hodnot z karty DAQCard-700, která provádí vzorkování velkou rychlostí (pro účely řešeného měření používá Tediko, s.r.o., vzorkovací frekvenci až 2000 vzorků/sec. na jeden měřený kanál, kdy těchto kanálů může být podle typu použitého defektoskopu až 8).

Po konzultaci s vedoucím práce bylo rozhodnuto použít komunikační architekturu OPC typu Client/Server. Toto rozhraní se firmě Dites, s.r.o., již vícekrát osvědčilo při řešení problémů s propojením a následným řízením různých zařízení. Představovalo to seznámit se s principy tohoto řešení a ověřit možnosti propojení karty a programu Excel.

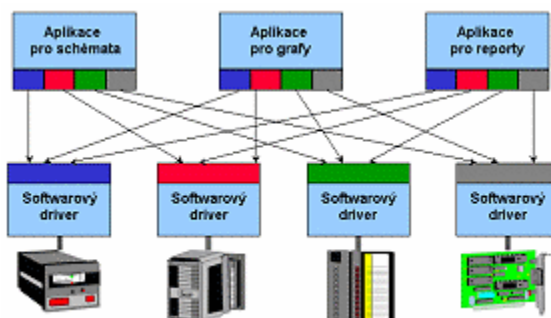
4.3 Popis standardu OPC

OPC je standard průmyslové komunikace založený na technologiích OLE/COM/DCOM společnosti Microsoft a vytvořený ve spolupráci mnoha světových dodavatelů hardware a software v oblasti automatizace a Microsoftem v roce 1996. Je společným rozhraním pro vzájemnou komunikaci mezi různými zařízeními určenými pro monitorování a řízení technologických procesů v reálném čase s cílem zabránit závislosti daného monitorovacího nebo řídicího software na výrobci hardware. Použití tohoto standardu tedy řeší přesně tu problematiku, kterou bylo potřeba vyřešit v našem případě – propojení monitorovacího HW, tedy komunikační karty, a vyhodnocovacího SW, tedy programu Excel, od různých výrobců.

Důvodem vzniku OPC byla především existence řady SW aplikací, které byly vyvinuty s cílem získávat data z různých datových zdrojů a zpřístupňovat je pomocí nezávisle vyvinutých ovladačů pro danou SW aplikaci. Původní tradiční přístup přinášel několik problémů:

- každá aplikace musela obsahovat ovladač pro každé HW zařízení

- vznikaly neshody mezi ovladači od různých dodavatelů, kdy např. nebyly některé HW vlastnosti zařízení podporovány všemi dodavateli ovladačů
- změny v HW vlastnostech zařízení způsobovaly nefunkčnost některých ovladačů
- pokud každá SW aplikace neobsahovala nezávislý ovladač, vznikaly konflikty při jejich přístupu ke stejnému HW zařízení



Obr. 4.1 Tradiční řešení přístupu k HW zařízení [WebK]

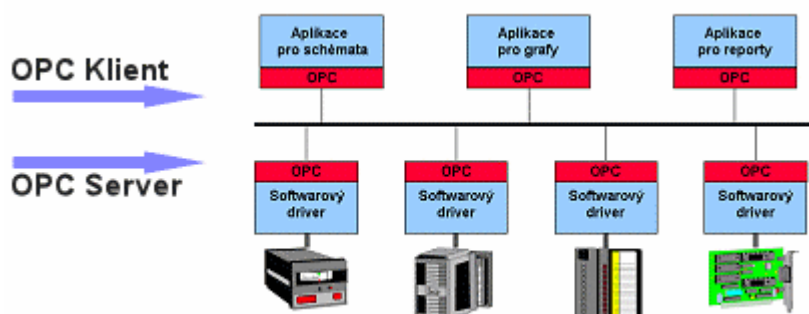
Výrobci HW se snažili vyřešit tyto problémy vyvinutím dalších ovladačů, překážkou ale byly odlišnosti v klientských protokolech, které byly často výsledkem konkurenčního boje.

OPC vytváří dělící čáru mezi výrobcí HW a dodavateli SW. Poskytuje mechanismus, jak získávat data z datových zdrojů a komunikovat je do libovolné klientské aplikace nezávisle na dodavateli HW. Dodavatelé HW tak nyní mohou vyvinout výkonově optimalizovaný server pro komunikaci se zdrojem dat – tzv. OPC server.

Komunikace mezi programy podle standardu OPC se používá k výměně dat zejména v průmyslových informačních systémech. [WebK]

4.3.1 Architektura OPC

Výměna dat podle standardu OPC probíhá podle všeobecně přijatého a osvědčeného schématu Client/Server. K jednomu serveru se může připojit několik klientů různých výrobců. Stejně tak k jednomu klientovi lze připojit OPC servery různých výrobců.



Obr. 4.2 Zjednodušení přístupu k HW zařízení pomocí OPC [WebK]

OPC Server OPC Server je SW program, který získává data z příslušného hardware, zpracovává je do formátu OPC a předává je programu OPC klient ke zpracování. OPC server je ve skutečnosti komunikační driver se zabudovaným OPC rozhraním.

OPC klient OPC klient je SW program, který přijímá data ve formátu OPC od OPC Serveru a tvoří z nich příslušné výstupy (grafy, vizualizace provozu, reporty apod.). [WebK]

4.3.2 Platforma Windows a OPC

Nezbytnou složkou pro komunikaci pomocí OPC je vrstva COM a její síťová verze DCOM. Funkcionalita COM i DCOM jsou standardní součástí operačních systémů Windows Vista, Windows XP, Windows NT 4.0 a Windows 2000. Na operační systémy Windows 98 a Windows 95 je nutné DCOM doinstalovat.

Na vyjmenovaných systémech Windows je tak možné přenášet data prostřednictvím OPC jak v rámci jednoho PC, tak i v místních sítích LAN. [WebK]

5 Ověření navržené architektury

5.1 Ovladač DAQCard-700

Získaný hardwarový ovladač komunikační karty má označení Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3, je určen pro multifunkční DAQ zařízení vyráběná firmou National Instruments a je použitelný pro operační systémy Windows 2000/95/98/ME/NT/XP. Tato verze ovladače byla vydána již v červenci 2002 a od té doby nebyla aktualizována, je tedy poslední verzí. Důvodem je ukončení vývoje multifunkčních zařízení, pro které je ovladač určen, včetně karty DAQCard-700 (karta přestala být nabízena v listopadu 2008). Firma dále vyvíjela nová zařízení, pro které byly vydány ovladače jiné.

Produkt Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 není jen klasickým ovladačem HW zařízení. Jeho součástí jsou také grafický nástroj Measurement & Automation Explorer verze 2.2, OPC server včetně konfiguračního nástroje Server Explorer verze 2.4.1, podpora pro programovací vývojové prostředí National Instruments LabVIEW a podpora pro vývojová prostředí Microsoft Visual Basic, Microsoft Visual C/C++, Borland C/C++ a Borland Delphi. Obsahuje také elektronickou nápovědu k ovladači a k rozhraní API pro uvedená vývojová prostředí.

5.1.1 Instalace a konfigurace

Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 je chráněn několika americkými patenty a instalace je podmíněna souhlasem s licenčními podmínkami, které jsou součástí jeho instalačního balíčku.

Při prvních pokusech o nainstalování ovladače se projevil problém s jazykovým nastavením průvodce instalací. Přestože byla z webového portálu společnosti National Instruments stažena anglická verze ovladače, kterou jsem preferoval před verzí např. německou, po spuštění instalace byly průvodní obrazovky a instrukce vždy v jazyce německém. Po dokončení instalace pak již byly nainstalované součásti, např. konfigurační nástroj Measurement & Automation Explorer, v avizované angličtině.

Ani po několika pokusech o nápravu, kdy jsem opakovaně nahrál ovladač z webových stránek výrobce nebo se pokusil změnit nastavení konfiguračního souboru pro instalaci, jsem nedosáhl úspěchu. Vyzkoušel jsem také nainstalovat starší verzi Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.2, která byla na webovém portálu též k dispozici, bohužel výsledek byl stejný. Nakonec tedy bylo nutno kontaktovat technickou podporu National Instruments.

Formou emailu byl zaslán dotaz s popisem problému. Odpověď inženýra z technické podpory (pravděpodobně z USA, lokalita nebyla v emailu vyspecifikována, ovšem vzhledem k dalšímu řešení problému je tato informace podstatná) byla však taková, že stažení souboru i instalaci odzkoušel a problém nenalezl, instalace proběhla v angličtině. Po několika emailech mi bylo nabídnuto zaslání CD s ovladačem, a to zdarma. Souhlasil jsem, ovšem odpověď mi následně přišla z českého zastoupení společnosti, kde byl konečně problém okamžitě objasněn.

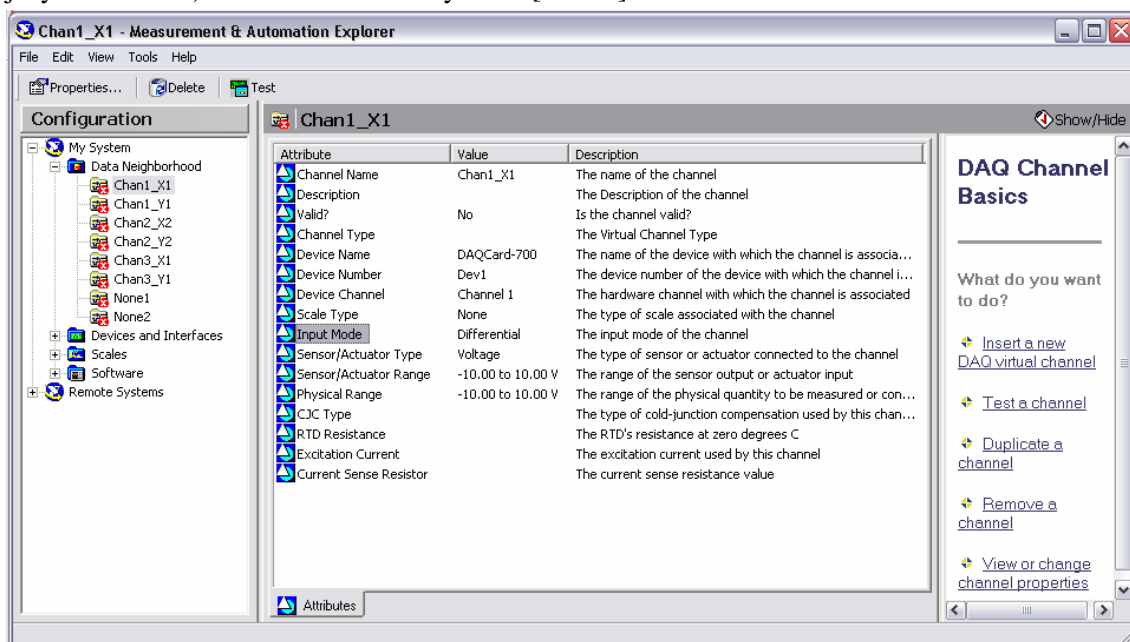
Instalace ovladače je prováděna pomocí vlastního instalátoru společnosti National Instruments, který používá multijazykovou podporu instalace. Český jazyk není podporován, jazyk instalace může být němčina, angličtina, francouzština nebo japonština. Který z těchto jazyků bude vybrán záleží na regionálním a jazykovém nastavení operačního systému Windows. Pokud je zde nastaven jiný než instalátorem podporovaný jazyk, tedy např. čeština, vybere se první jazyk předdefinovaný v instalátoru, což je němčina. Pro anglického průvodce instalací je tedy nutno nastavit v systému Windows jazyk pro programy nepodporující unicode kódování na angličtinu. Toto jsem provedl a instalační průvodce již proběhl v požadované angličtině.

Proces instalace ovladače je popsán v Uživatelském manuálu systému Tedis (Příloha 2). Po nainstalování je v programové nabídce systému Windows vytvořena složka s nainstalovanými součástmi ovladače.

Nastavení parametrů karty pro způsob její komunikace se v počítači provádí pomocí programu Measurement & Automation Explorer (MAX). Ten umožňuje přístup k zařízením National Instruments, pro která je ovladač určen. Jeho prostřednictvím lze:

- konfigurovat HW a SW firmy National Instruments
- přidávat nové komunikační kanály, rozhraní a další virtuální zařízení
- provádět diagnostiku systému
- sledovat připojená zařízení
- plánovat aktualizace software od National Instruments

Konfiguraci karty DAQCard-700 lze v tomto nástroji nastavit pomocí nápovědy, která je jeho součástí. Důležitá nastavení, která je nutno provést (způsob měření, komunikační kanály, rozsah hodnot apod.) jsou popsána v Uživatelském manuálu systému Tedis (Příloha 2). Podrobný popis produktu MAX není součástí této práce. Lze jej najít v nápovědě produktu (v jazyce ovladače) nebo na stránkách výrobce [WebN].



Obr. 5.1 Ukázka programu MAX 2.2

První ověření funkčnosti ovladače pro kartu DAQCard-700 proběhlo na desktopovém počítači se systémem Windows XP. Za tímto účelem byl do počítače nainstalován HW adaptér z rozhraní PCI na rozhraní PCMCIA (Porte card adapter PCI to 16/32bit PCMCIA, cena v září 2008 byla 620,- Kč), neboť desktopové počítače standardně rozhraní PCMCIA neobsahují. Nainstalován byl také ovladač Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 a připojena komunikační karta s defektoskopem a měřicí sondou. V nástroji MAX byla karta nakonfigurována, nadefinovány komunikační kanály a následně použita diagnostika pro sledování měřených údajů. Bylo však zjištěno, že načítání měřených údajů není funkční. Všechna konfigurační nastavení byla proto několikrát upravena a překontrolována, kontrolováno zapojení HW, avšak bez úspěchu.

Dalším krokem tedy bylo odzkoušení na jiném počítači. Pro tyto pokusy byl použit notebook opět s operačním systémem Windows XP, kam byl stejně jako v předchozím případě nainstalován ovladač karty, připojen měřicí systém a vše nakonfigurováno. Slot PCMCIA již notebook obsahoval. Na tomto počítači pak byla diagnostika měřených údajů v programu MAX úspěšná – při procházení měřicí sondy přes kovové materiály docházelo ke změnám měřených údajů.

Nyní zbývalo určit přesně příčinu nefunkčního měření na prvním počítači. Za tímto účelem bylo vše nainstalováno, nakonfigurováno a připojeno k notebooku s operačním systémem Windows 2000 a s vestavěným PCMCIA slotem. Měření bylo opět úspěšné. Jako příčina prvního neúspěšného měření tedy byl určen adaptér z PCI na PCMCIA rozhraní.

Těmito zkouškami bylo ověřeno, že použití ovladače Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 pro kartu DAQCard-700 pod operačním systémem Windows je funkční. Pro účely měření však bude nutno používat pouze notebooky s vestavěným rozhraním PCMCIA a nebude pravděpodobně možné použít adaptéry na jiné rozhraní (i pokud by např. adaptér od jiného výrobce fungoval, musela by se důkladně prověřovat jeho funkčnost a správnost naměřených údajů). Obecně jako závěr bylo konstatováno, že tyto adaptéry nebudou pro nový systém měření doporučeny.

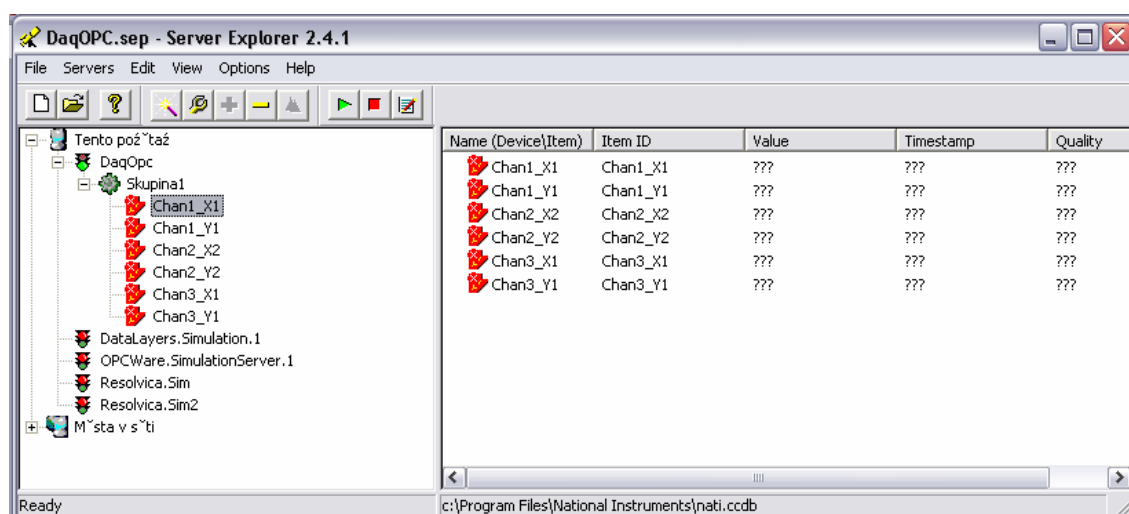
Pomocí změn měřených údajů při pohybu sondy kovovým materiálem, které byly sledovány v diagnostice programu MAX, byla ověřena funkčnost ovladače. Nebyla tím ověřena správnost naměřených dat, což byl jeden z úkolů pro další fáze vývoje projektu

5.1.2 OPC Server

Součástí Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 je i OPC server, čímž byla spolu s ovladačem karty získána další nezbytná součást zvolené architektury. Jeho instalace je defaultně předvolena (nastavení lze změnit).

Po instalaci ovladače včetně OPC Serveru je k dispozici nástroj Server Explorer, pomocí kterého lze konfigurovat zdroje a zařízení, se kterými bude OPC server komunikovat (OPC klienty), a konfigurovat také samotný OPC server. Součástí tohoto programu je elektronická nápověda pro konfiguraci vlastností, připojení k OPC serveru, vytváření skupin, vytváření a konfiguraci kanálů nebo testování nastavené konfigurace (v jazyce instalace). Podrobný návod pro práci se Server Explorerem není součástí této práce.

V OPC serveru byly nadefinovány a pojmenovány komunikační kanály, ke kterým byly přiřazeny analogové vstupní kanály (Analog Inputs) připojené karty DAQCard-700 předtím nakonfigurované pomocí produktu MAX (tyto vstupy jsou OPC serverem automaticky rozpoznány). Po spuštění OPC serveru a při připojeném měřícím systému lze pak (podobně jako v MAX) sledovat aktuální měřené hodnoty jednotlivých kanálů. Nadefinováním a nakonfigurováním kanálů pro OPC server byl tak vedle MAX zprovozněn další nástroj pro ověření funkčnosti načítání měřených údajů z komunikační karty. Aktuální hodnoty lze však sledovat vždy jen v jednom z nástrojů, k zařízení nelze připojit diagnostiku MAX a sledování hodnot v Server Exploreru zároveň.



Obr. 5.2 Ukázka programu Server Explorer 2.4.1

Při testování možností Server Exploreru se projevila chyba tohoto programu při ukládání vytvořené konfigurace. Je zde umožněno uložit nadefinovanou konfiguraci OPC do souboru a při příštím otevření Server Exploreru tuto konfiguraci načíst. V operačním systému Windows XP funguje ukládání bez problémů, ve Windows 2000 však při pokusu o uložení přestane Server Explorer reagovat a je nutno jej násilně ukončit pomocí systémové správy procesů. Problém však nebylo nutno podrobněji řešit, jednak proto, že firma Tediko, s.r.o., neplánovala starší systém Windows 2000 používat, a pak také z důvodů vysvětlených dále v této práci.

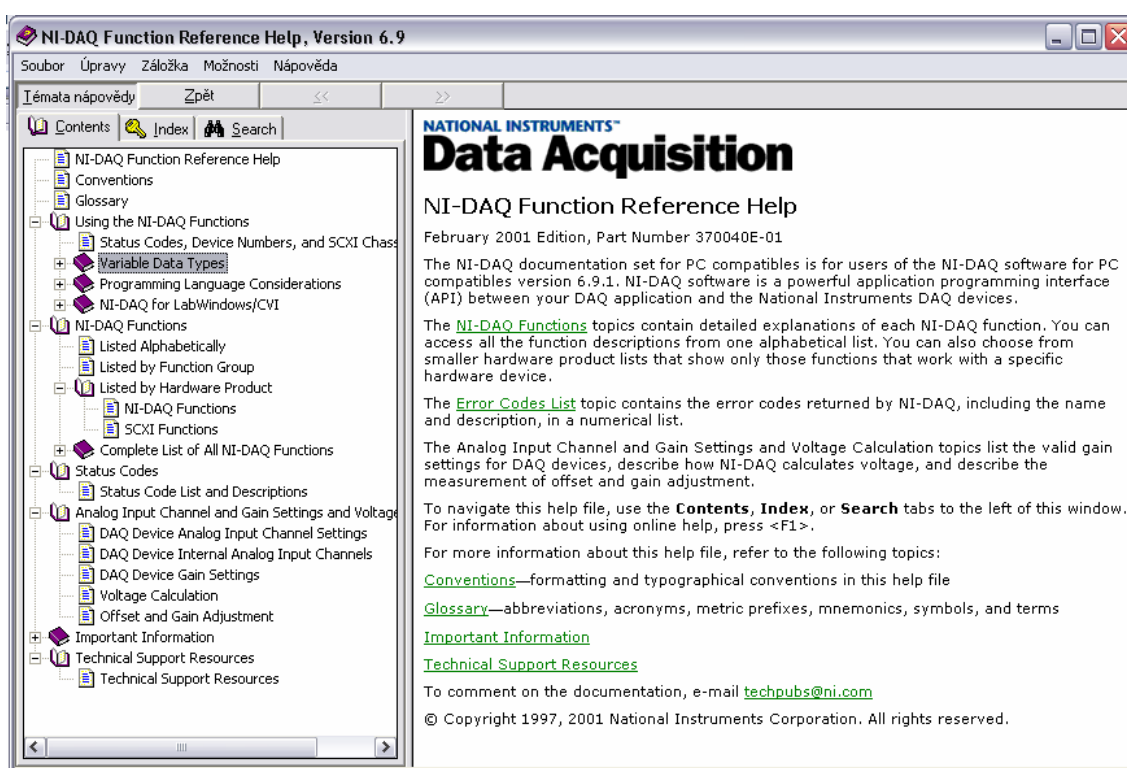
5.1.3 API rozhraní

Poslední zmíněnou součástí ovladače NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 jsou soubory s podporou firmy National Instruments pro spolupráci mezi jejich DAQ zařízeními a aplikacemi třetích stran - tzv. Application Programming Interface (API). Rozhraní je poskytováno pro několik programátorských vývojových prostředí a obsahuje kromě knihoven funkcí (bez poskytnutého zdrojového kódu) také příklady využití těchto funkcí pro různá zařízení a různé možnosti těchto zařízení (např. čtení analogových vstupních kanálů, nastavování digitálních výstupů, kalibrace

zařízení apod.). Každý příklad je v ukázce zdrojového kódu podrobně okomentován (komentář je v anglickém jazyce).

Příklady použití API funkcí jsou s ovladačem nainstalovány volitelně, lze zvolit pouze některý programovací jazyk, nebo příklady nainstalovat vůbec.

Pokud jsou příklady nainstalovány (instalace v tomto případě znamená zkopírování příslušných ukázkových souborů zdrojového kódu do cílového místa instalace, kde jsou pak programátorům k dispozici, a také instalace knihoven funkcí pro podporu těchto příkladů), je do programové nabídky systému Windows přidána také elektronická nápověda s podrobným popisem těchto funkcí (v jazyce instalace). Funkce lze v nápovědě třídit podle abecedního pořadí, zobrazovat funkce určené pouze pro vybraný hardware apod. V nápovědě jsou také popsána chybová hlášení. Celkově se jedná o velmi podrobnou programátorskou příručku.



Obr. 5.3 Ukázka nápovědy k rozhraní API

5.2 OPC klient

Po vyřešení počátečních potíží s načítáním měřených dat a po nakonfigurování OPC serveru pro zařízení DAQCard-700 zbývalo vyřešit čtení dat z OPC serveru do programu Microsoft Excel pomocí OPC klienta.

Pro vyřešení této problematiky se nabízely dvě různé možnosti – naprogramovat vlastní OPC klienta, nebo získat OPC klienta od některé ze třetích stran. Technickým ředitelem Dites, s.r.o., bylo nejdříve preferováno vytvoření vlastního řešení. Neměl jsem však přesnou

představu, jak by tato práce svým rozsahem navýšila jak řešenou problematiku, tak náročnost práce, proto jsem provedl průzkum dostupných produktů třetích stran a vytipoval možná řešení.

Výhodou naprogramování vlastního OPC klienta do programu Excel by mohlo být ušetření finančních prostředků oproti pořízení od jiného výrobce. To by ale platilo pouze v případě naprogramování v rámci diplomové práce, které je pro zpracovatele zakázky, firmu Dites, s.r.o., zdarma. Pokud by naprogramování probíhalo za běžných obchodních podmínek, musela by firma Dites, s.r.o., následně prodat větší množství OPC klientů, aby se jí vynaložené prostředky na vývoj vrátily. Také by se mohlo stát, že by se výsledné SW dílo vývojem OPC klienta neúměrně prodražilo a tím by se počáteční výhoda stala nevýhodou.

Použití OPC klienta od jiného výrobce přináší nevýhodu nutnosti zakoupení licence, čímž se výsledný produkt stává dražším (což ale v kontextu předchozího odstavce nemusí vždy úplně platit). Navýšení výsledné ceny za nový systém měření by se tak vztahovalo i pro řešení v rámci této práce, zakoupené licence by musela firma Dites, s.r.o., zadavateli práce naúčtovat. Výhodou však je stabilní hotové řešení, na kterém příslušná firma, která OPC klienta nabízí, pracuje několik let.

Nakonec jsem našel dva výrobce nabízející požadovaného OPC klienta pro Excel, kdy ani finanční prostředky nutné na pořízení nebyly vysoké a firma Tediko, s.r.o., v jejich výši nespatovala žádný problém. Vedoucí práce Ing.Bittner po seznámení se s výsledky šetření také souhlasil s použitím OPC klienta některé z třetích stran.

5.2.1 Řešení od firmy Resolvica, Inc.

Nejvhodnějším nalezeným řešením se zdálo použití OPC klienta s názvem OPCEX Excel Add-In od firmy Resolvica, Inc., z USA. Klient je určen pro operační systémy Windows 95/98/2000/XP/ME/NT4.0. Měl by být snadno použitelným řešením pro načítání dat z OPC serveru do pracovních listů Excelu. Podporuje OPC Data Access standardy 1.0 a 2.0 a umožňuje koncovým uživatelům prohlížet, přidávat, číst a zapisovat data prostřednictvím Excelu. Naměřené hodnoty zprostředkované OPC serverem mohou být v Excelu archivovány, zobrazovány pomocí grafů nebo analyzovány. Nabízí také zdrojové kódy použitých maker a procedur jazyka VBA, takže uživatel může použít jejich funkcionalitu ve svých vlastních makrech či procedurách. [WebS]

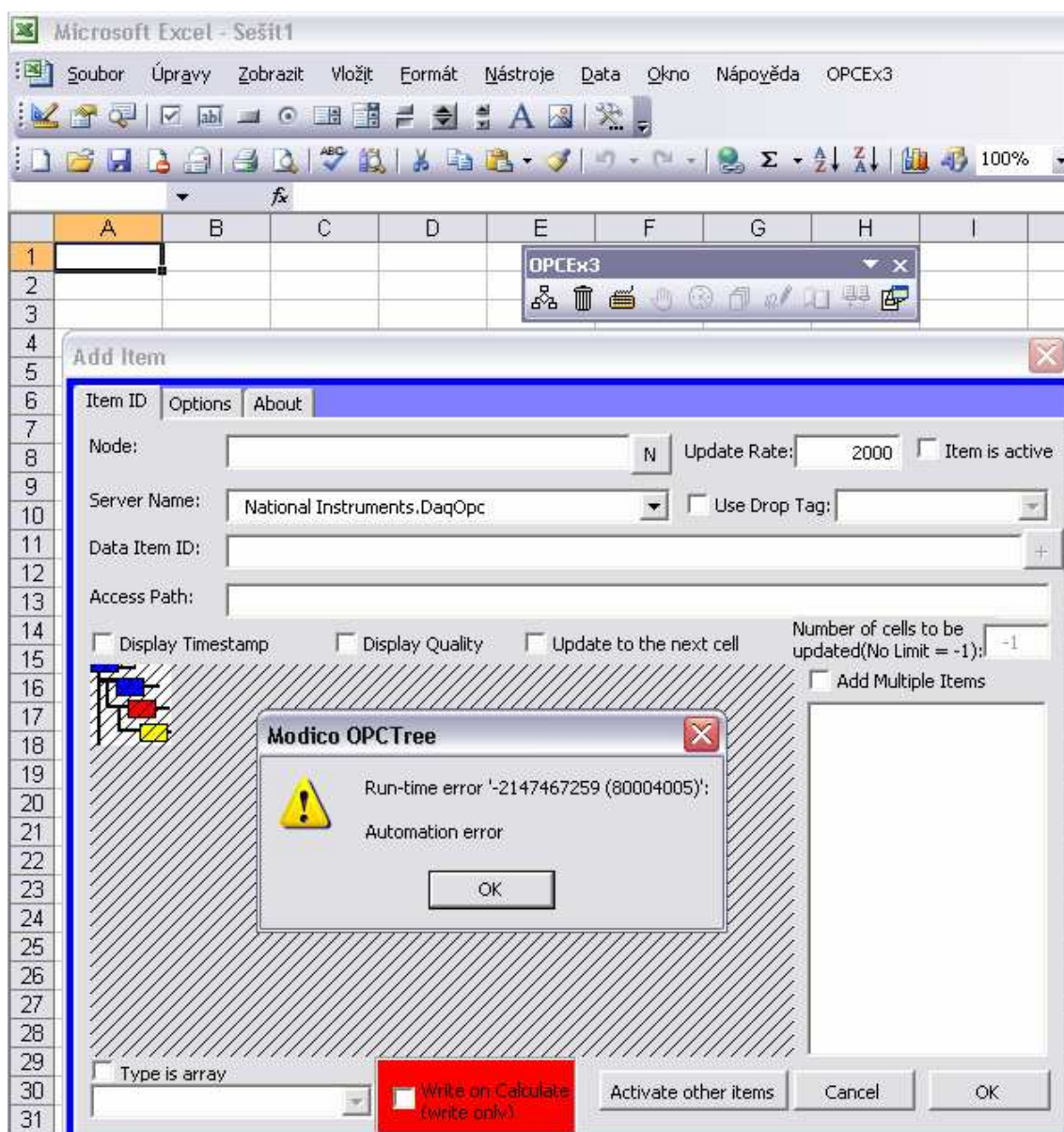
Licence typu Standard pro 1 počítač stála na podzim 2008 při objednání přes internet v přepočtu cca 7 500,- Kč.

Pro vyzkoušení byla z webových stránek výrobce stažena časově omezená trial verze produktu verze 3.6 s plnou funkcí. OPC klient byl následně nainstalován, instalace probíhá pomocí automatického instalátoru Windows. Dalším krokem bylo přidání OPC klienta jako doplňku Excelu – v menu Nástroje/Doplňky (v anglické verzi Excelu Tools/Add-Ins) se po instalaci objeví položka Opcecx3, kterou je nutno zaškrtnout. Do nabídky aplikace Excel v její horní liště se tím přidá menu OPCEX3.

Součástí nainstalovaného OPC klienta v Excelu je elektronická nápověda. Zde lze vyhledat veškerá nastavení, vlastnosti nebo příklady použití. Podrobný popis klienta není součástí této diplomové práce.

Instalace klienta i přidání do Excelu proběhlo bez potíží. Při následné konfiguraci se však projevil problém - po zvolení přidání OPC komunikačních kanálů a výběru příslušného OPC serveru by se měly zobrazit kanály nadefinované v příslušném OPC serveru. Při pokusu o jejich zobrazení však OPC klient vyhlásil vždy chybu ilustrovanou na obrázku 5.4.

Pro odstranění problému byla odzkoušena různá nastavení, předefinovány kanály v OPC serveru, přeinstalován OPC klient nebo provedena instalace na různých počítačích s operačními systémy buď Windows XP nebo Windows 2000. Přesto se OPC klient v Excelu choval stále stejným způsobem a nebylo možno komunikační kanály nastavit. Byla proto kontaktována technická podpora firmy Resolvica, Inc., a současně byl odzkoušen OPC klient od jiného výrobce.



Obr. 5.4 Ukázka chyby v OPC klientu OPCEX Excel Add-In verze 3.6

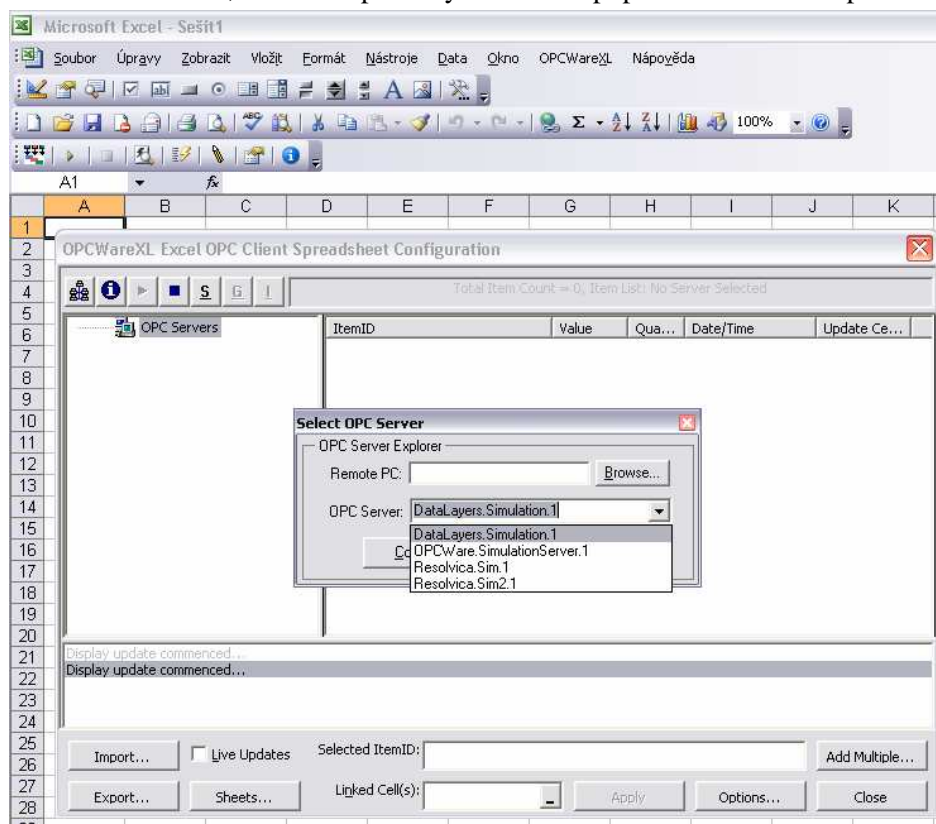
5.2.2 Řešení od firmy OPCWare

Druhým vhodným řešením se zdál OPC klient od irské společnosti OPCWare s názvem OPCWareXL. Práce s ním je možná v operačních systémech Windows NT4 SP5/2000/XP/Server 2003/Vista. Lze použít ve verzích Microsoft Excel 97/2000/2002 XP/2003/2007. Podporuje OPC Data Access standardy 1.0 a 2.0. a slouží pro snadnou výměnu dat mezi OPC servery a Excelem. Podobně jako řešení od firmy Resolvica, Inc., poskytuje uživatelům vlastní knihovnu maker a funkcí, které lze dále použít v jazyce VBA pro další rozšiřování možností systému. [OpcW]

Eventuelní pořízení tohoto produktu by již bylo oproti prvnímu výrobci nákladnější záležitostí – v případě objednání pomocí internetu vyšla na podzim 2008 licence pro jeden počítač na necelých 26 000,- Kč, multilicence pro 5 uživatelů pak na necelých 38 000,- Kč.

Pro vyzkoušení byla, podobně jako v prvním případě, z webových stránek výrobce stažena 30-ti denní trial verze produktu, verze 17 (v době psaní této práce, tedy v dubnu 2009, již je k dispozici verze 18). OPC klient byl nainstalován pomocí automatického instalátoru Windows a následně přidán jako doplněk Excelu. V doplňcích Excelu byla poté zaškrtnuta položka OPCWareXL V17, do menu Excelu tím byla přidána položka OPCWareXL.

Instalace klienta přidá automaticky položku do programové nabídky systému Windows. Její součástí je uživatelský manuál ve formátu PDF, který detailně popisuje instalaci, odinstalaci, používání klienta v Excelu, ukázkové příklady atd. Tento popis není součástí diplomové práce.



Obr. 5.5 Ukázka OPC klienta OPCWareXL verze 17

Při počáteční konfiguraci OPC klienta je nutno nejprve zvolit OPC server, jak ukazuje obrázek 5.5. Dialogové okno automaticky nabídne dostupné servery, ovšem OPC server firmy National Instruments nakonfigurovaný v programu Server Explorer v nabídce chyběl. Bylo proto nutné v Server Exploreru nalézt označení OPC serveru ProgramID a toto pro OPC klienta zadat ručně. Po potvrzení byl OPC server OPC klientem bez problémů identifikován a bylo již bez dalších potíží možno nadefinovat logickou skupinu, nadefinovat komunikační kanály a přiřadit jim příslušné kanály OPC serveru odpovídající analogovým vstupům. Na rozdíl od OPC klienta firmy Resolvica, Inc., bylo tedy možné úspěšně komunikační kanály nastavit. Také byla nastavena oblast v pracovním sešitu Excelu, kam se načítaná data mají zapisovat.

Tímto krokem bylo dokončeno nadefinování celého komunikačního rozhraní (ovladače karty DAQCard-700 pomocí programu MAX, OPC serveru pomocí programu Server Explorer a OPC klienta OPCWareXL pro Excel) a mohlo se přistoupit k odzkoušení načítání měřených dat přímo do programu Excel. Byla připojena měřicí sestava (sonda, defektoskop) a provedeno několik pokusných měření.

Po vyhodnocení dat přijatých do pracovního listu Excelu jsem bohužel musel konstatovat, že systém nepracuje dle očekávání. Hlavním problémem byl počet načtených dat – do Excelu byla pomocí OPC klienta načtena jen malá část měřených dat – viz tabulka 5.1:

Počet čtených analogových kanálů	Délka měření [sec.]	Vzorkovací frekvence [vzorků/sec.]	Počet očekávaných vzorků na jeden kanál	Počet načtených vzorků na jeden kanál
2	5	1000	5000	cca 120
4	5	1000	5000	cca 90
6	5	1000	5000	cca 65

Tab. 5.1 Výsledky čtení dat v OPCWareXL verze 17

Další menší komplikací bylo chování ovládacích prvků OPC klienta. Ten pro spuštění a ukončení načítání dat používá ovládací tlačítka Live a Stop umístěná ve vlastním panelu nástrojů. Spuštění a zastavení prvního měření bylo vždy v pořádku. Jakmile ale mělo být následně spuštěno další měření, po stisku tlačítka Live načítání dat nebylo zahájeno. Bylo nutno stisknout tlačítko Stop a poté znovu odstartovat měření tlačítkem Live – pak teprve bylo čtení dat spuštěno. Ukončení měření tlačítkem Stop fungovalo vždy správně.

Několikrát se také stalo, že při neprobíhajícím měření byla tlačítka Live i Stop zašedlá, což normálně indikuje jejich nepřístupnou funkcionalitu. Přesto po stisku tlačítka Live bylo měření spuštěno.

Poslední nepříjemností bylo nespolehlivé indikování stavu načítaných hodnot. Barva pozadí buněk v sešitu Excelu je vykreslována podle stavu načítaných hodnot z OPC serveru. Barvy lze nastavit, defaultně je určena zelená barva pro dobrou kvalitu čtení hodnot, červená barva pro chybné spojení s OPC serverem a barva žlutá pro pohotovostní stav, kdy čtení dat není spuštěno. V několika případech se po spuštění měření údaje do pracovního listu sice načítaly, indikace stavu čtení ale přesto zůstala zobrazena žlutou barvou indikující režim „Standby“.

Pro odstranění zmíněných problémů byla odzkoušena různá nastavení OPC klienta, nebylo ale dosaženo úspěchu. Byla proto, stejně jako v případě produktu firmy Resolvica, Inc., kontaktována technická podpora společnosti OPCWare.

5.3 Přehodnocení architektury

Jak již bylo řečeno, obě firmy poskytující OPC klienta pro Excel byly kontaktovány, aby se vyjádřily ke vzniklým problémům a případně poskytly technickou podporu k jejich vyřešení. Kontakt proběhl pomocí elektronické pošty, kdy byly popsány vzniklé problémy při použití jejich produktů, popsána použitá konfigurace měření a použitý OPC server. Také byly nastíněny cíle, kterých bylo nutno dosáhnout – tedy načítání údajů z připojeného HW zařízení velkou rychlostí.

Následná vyjádření obdržená od technických podpor obou společností vedla k nutnosti přehodnotit způsob načítání měřených dat.

Vyjádření firmy Resolvica, Inc., obsahovalo sdělení, že bohužel pro mnou požadovaný účel není jejich OPC klient použitelný, a to jednak z důvodu omezení Excelu, a jednak kvůli omezené rychlosti načítání dat v jejich klientu. Pracovali sice na novém produktu, který by řešil omezenou rychlost čtení dat z komunikačních kanálů, nebyli ale schopni sdělit datum, kdy by mohl být nový OPC klient k dispozici. Toto vyjádření pochází ze září 2008.

Co se týkalo problému s nemožností nakonfigurovat komunikační kanály (viz obrázek 5.4), pro určení příčiny požadovali analytici firmy Resolvica, Inc., verzi specifikace, kterou mnou použitý OPC server podporuje. Tuto informaci jsem ale již neposkytl z dále popsaných důvodů.

Vyjádření firmy OPCWare sdělovalo, že požadovaná funkčnost závisí na použitém HW počítače a na použitém OPC serveru. Jediným způsobem, jak s jistotou zodpovědět mé dotazy, mělo být praktické odzkoušení (což jsem již ale předtím provedl). Údajně by jejich OPC klient měl být schopen požadovanou rychlost čtení zajistit (pro připomenutí, jde až o 2 000 vzorků/sec. na jeden čtený kanál a kanálů může být až osm – tedy celkem 16 000 údajů/sec.), problém je ale aktualizace zobrazení Excelu po každém načtení nového údaje, kterou jejich OPC klient provádí. Závěrem tedy bylo, že současné HW prostředky při tomto způsobu vykreslování použitém v jejich OPC klientu a při takovém objemu načítaných dat nejsou schopny požadovanou úlohu zvládnout.

Na základě těchto vyjádření a po zkušenostech s používáním OPC klientů obou výrobců jsem tedy musel začít přemýšlet nad jiným řešením, jak měřená data do Excelu načítat. Řešení se začalo nabízet již v předchozích etapách vývoje měřicího systému, a to při seznamování se s možnostmi ovladače Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3 firmy National Instruments, Inc. Součástí balíčku ovladače bylo také již popisované rozhraní API pro použití v několika programovacích prostředích.

Vzniklou situaci jsem tedy konzultoval s Ing. Bittnerem a jako řešení jsem navrhl opuštění koncepce používající OPC architekturu Client/Server a namísto toho naprogramovat samostatnou aplikaci v prostředí Borland C++ Builder, která by využívala poskytnuté funkce API pro získávání měřených hodnot. Toto rozhodnutí bylo dosti zásadní a představovalo

podrobně se seznámit s možnostmi API rozhraní firmy National Instruments, Inc. Výhodou nového řešení byla finanční stránka, kdy by odpadly náklady na zakoupení licencí OPC klienta.

Po posouzení vzniklých problémů Ing. Bittner s návrhem nové architektury souhlasil. Bylo rozhodnuto, že nová koncepce se bude skládat ze dvou samostatných modulů:

- Modul pro čtení a ukládání měřených dat z komunikační karty DAQCard-700, který bude vytvořen v programovacím prostředí Borland C++ Builder a bude využívat podporu API poskytovanou společností National Instruments
- Modul pro analýzu a vyhodnocování uložených naměřených údajů, který bude vytvořen v prostředí Microsoft Excel pomocí programovacího jazyka VBA

Tímto rozhodnutím byla ukončena první etapa vývoje zadaného systému měření a definitivně opuštěna idea použití architektury OPC. Další fáze řešení projektu se již soustředily na nové řešení pomocí vytvoření programu pro čtení měřených dat v prostředí Borland C++ Builder, jejich následné načítání do programu Microsoft Excel a na vytvoření nástrojů pro vyhodnocování výsledků měření v Excelu.

5.4 Struktura nové architektury

Nově navržené řešení přineslo několik nových problémů. Oproti původní koncepci, kdy měla být data načítána pomocí architektury OPC přímo do prostředí MS Excel, bylo nutno např. rozhodnout, jak bude vypadat datová vrstva celého systému, ke které budou přistupovat oba moduly. Požadavkem nyní bylo uložení naměřených údajů po jejich načtení do vhodného úložiště tak, aby byly následně snadno přístupné pro zpracování pomocí Excelu.

5.4.1 Upřesnění specifikace požadavků

Vývoj projektu se v této chvíli dostal do fáze, kdy již bylo nutno dobře poznat a zvolit požadovanou strukturu ukládaných údajů. Nešlo jen o naměřená data, ale také o zadávané identifikační údaje jednotlivých měření a další podrobnější informace. Proběhlo tedy několik jednání s jednatelem firmy Tediko, s.r.o., p. Tischlerem, kdy byla detailněji probrána struktura celého systému, způsob měření, požadovaná funkcionality a všechny další související oblasti. Výsledkem bylo, jak již bylo dříve také dohodnuto, vytvoření počáteční verze Dokumentu specifikace požadavků, který stanovuje požadavky na funkcionality budoucího SW díla z pohledu uživatele.

Dokument specifikace požadavků nebyl po prvních jednáních definitivní. S postupem řešení SW díla, v jednotlivých iteracích, byly některé požadavky doplněny nebo upřesněny tak, jak vyvstávaly nejasnosti při řešení aktuálních problémů. Ve všech etapách vývoje projektu tak docházelo ke kontaktům se zástupcem Tediko, s.r.o.

Výsledný Dokument specifikace požadavků byl schválen jednatelem společnosti Tediko, s.r.o., a je součástí této diplomové práce jako Příloha 1. Struktura dokumentu vychází z doporučení IEEE Std. 830 pro obsah a kvalitu dokumentů SRS.

5.4.2 Návrh datové vrstvy

Prvním navrženým řešením, které podporoval i technický ředitel Dites, s.r.o., bylo využít pro úschovu dat SŘBD, konkrétně Microsoft Office Access. Firma Dites, s.r.o., již v minulosti ve svých produktech několikrát tento nástroj s úspěchem využila, mimo jiné právě také ve spolupráci s MS Excel..

Microsoft Access je nástroj pro správu relačních databází společnosti Microsoft, který je součástí kancelářského balíku aplikací Microsoft Office. Kombinuje relační Microsoft Jet Database Engine s grafickým uživatelským rozhraním [Wiki]. Jeho přítomnost v MS Office by byla výhodou, neboť s aplikací Excel ze stejného balíku bylo počítáno pro analýzy a vyhodnocení měřených dat a nebylo by tedy nutné vynakládat další finanční prostředky na jiné databázové řešení.

Pro přístup obou modulů projektu do SŘBD bylo počítáno s využitím rozhraní ODBC, které je standardní součástí operačních systémů Windows. V žádném ze zamýšlených modulů by neměl být problém do databáze Access přistupovat.

Po další analýze charakteru ukládaných dat jsem jako druhou variantu navrhl využití zápisu do textových souborů. Charakter dat byl takový, že každé jednotlivé měření trubky musí být identifikováno pomocí několika textových a číselných údajů, a zbylé hodnoty jsou vlastní hodnoty měření. Těchto hodnot bude velké množství, až v řádu statisíců na jedno měření.

Pro přístup obou modulů měřicího systému do textových souborů by žádný z nich nemusel využívat další pomocná rozhraní. V modulu vytvořeném v prostředí Borland C++ Builder by byl soubor vytvořen a naplněn daty, což je standardní operace programovacího jazyka pro práci se soubory. Do prostředí MS Excel by pak byl textový soubor naimportován, což je také běžná operace této aplikace.

Obě zvažované možnosti měly své výhody i nevýhody. V případě databáze Access šlo o použití dalšího nástroje v rámci celého SW díla, který by se musel instalovat a konfigurovat. Data by byla uložena společně v jednom datovém úložišti. Musela by se navrhnout vhodná struktura tabulek tak, aby databázové dotazy při operacích nad daty probíhaly co nejkratší dobu. Častým problémem databází je také zpomalování jejich činnosti při narůstajícím objemu dat, a v našem případě by počty uložených údajů byly obrovské. Výhodou je však snadné hledání a třídění.

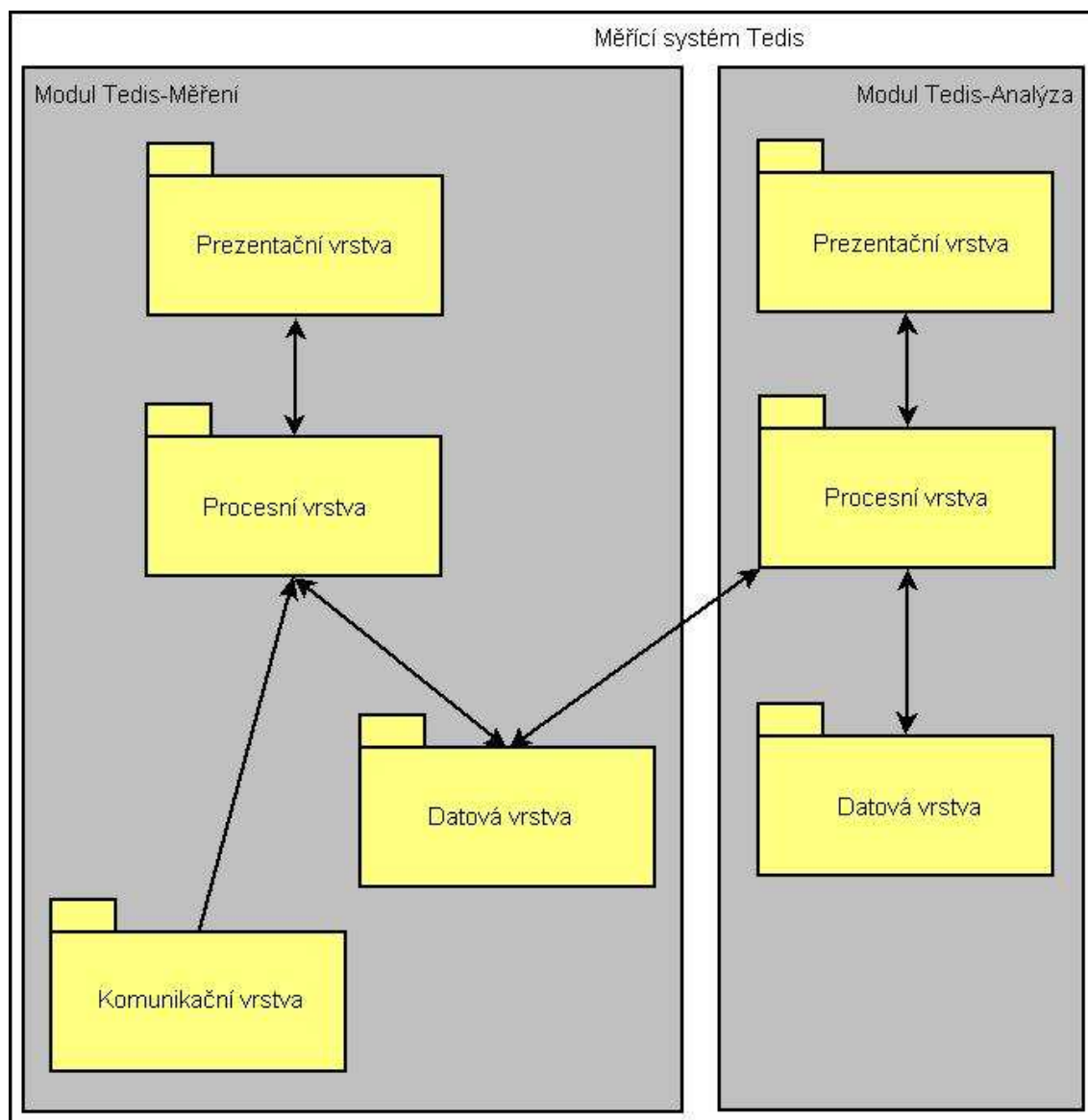
Z výše zmíněných důvodů, které jsou spíše nevýhodami při použití databáze, jsem preferoval řešení pomocí ukládání do textových souborů. Každý soubor by představoval jedno měření, tedy údaje jedné trubky. Není potřeba instalovat žádný další nástroj pro správu dat. Při eventuálním poškození souboru by byla ztracena data pouze jednoho měření, narozdíl od databáze, kde jsou uložena všechna měření (samozřejmě se počítá v obou případech se zálohováním dat, přesto je to výhoda druhého řešení).

Všechny argumenty byly předneseny Ing.Bittnerovi a bylo odsouhlaseno řešení pomocí ukládání do textových souborů.

5.4.3 Architektura SW díla

Celý SW systém měření byl pojmenován názvem Tedis. Modul pro čtení a ukládání měřených dat byl pojmenován Tedis-Měření, modul pro načítání uložených dat, jejich analýzu a vyhodnocení, byl pojmenován Tedis-Analýza.

Logický pohled na výslednou architekturu navrženou v této etapě ilustruje obrázek 5.6.



Obr. 5.6. Architektura systému Tedis

Prezentační a procesní vrstva modulu Tedis-Měření je tvořena aplikací vytvořenou v programovacím prostředí Borland C++ Builder.

Prezentační a procesní vrstva modulu Tedis-Analýza je tvořena aplikací vytvořenou v prostředí Microsoft Excel pomocí jeho nástrojů a pomocí jazyka VBA.

Datové vrstvy obou modulů jsou reprezentovány souborovým systémem operačního systému Windows.

Komunikační vrstva modulu Tedis-Měření je tvořena ovladačem komunikační karty.

6 Implementace modulu měření

Hlavní otázkou nyní bylo, zda poskytované funkce rozhraní API pro obsluhu načítání údajů z karty DAQCard-700 budou použitelné a zda budou fungovat správně. V této souvislosti mohla být problémem částečná zastaralost karty a jejího ovladače.

Application Programming Interface pro programovací jazyky Borland C/C++ obsahuje podporu pro mnoho různých typů zařízení vyráběných společnostmi National Instruments. Mezi nimi je i podpora pro univerzální komunikační karty DAQCard-500/DAQCard-700. Bylo tedy nejprve nutno seznámit se s programátorskou dokumentací k možnostem a poskytovaným programovým funkcím pro tento typ karet. Karty jsou multifunkční, obsahují mimo jiné např. digitální vstupy a výstupy nebo 16-bitové čítače. Pro účely zamýšleného měřicího systému je však požadováno využití pouze analogových vstupních kanálů, proto jsem nejprve musel vytipovat funkce obsluhující tuto část funkcionality karty. Elektronická dokumentace k API je členěna podle různých kritérií a opravdu přehledně, proto se zdálo, že nebude ve velkém množství nabízených funkcí problém vytřídit právě ty relevantní.

6.1 Čtení měřených dat

Založil jsem nový projekt v Borland C++ Builder verze 5 a připravil základní grafické rozhraní. Po zapůjčení měřicího hardware z firmy Tediko, s.r.o, bylo nyní možné přistoupit k naprogramování a praktickému odzkoušení čtení měřených dat.

Velkou pomůckou při implementaci čtení údajů z komunikační karty byly ukázkové příklady, které jsou také součástí využitého API. Nabízených příkladů pro obsluhu analogových vstupů existuje několik typů, podle různých kritérií:

- Čtení jednoho údaje z jednoho kanálu
- Čtení jednoho údaje z jednoho kanálu pomocí externího časování
- Asynchronní čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí interního časování karty
- Synchronní čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí interního časování karty
- Čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí náběžné hrany analogového triggeru (spouštěče) s interním časováním
- Čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí interního časování karty
- Čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí externího časování
- Čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí externího digitálního triggeru (spouštěče) s interním časováním
- Čtení hodnot z jednoho kanálu pomocí interního časování karty ukončované externím digitálním triggerem (spouštěčem)
- Čtení hodnot pomocí interního časování karty ukončované externím digitálním triggerem (spouštěčem)
- Čtení hodnot z jednoho kanálu s ukládáním do binárního souboru

- Asynchronní čtení hodnot ze dvou kanálů pomocí interního časování karty
- Synchronní čtení hodnot ze dvou kanálů pomocí interního časování karty
- Čtení hodnot ze dvou kanálů s externím scanovacím časováním a interní vzorkovací frekvencí
- Čtení hodnot ze dvou kanálů s externím scanovacím časováním
- Čtení hodnot ze tří kanálů se scanovacím kmitočtem děleným 1,2, 4 nebo 8 pro každý kanál

Seznam ilustruje možnosti použití, které jsou však závislé na použitém HW zařízení. Různé typy příkladů jsou určeny pro různé typy zařízení, což bylo nutno zohlednit, protože jsou pak použity odlišné funkce.

Vytipoval jsem tedy úlohu, která se nejlépe hodila pro požadované účely. Mělo jít o čtení hodnot z více kanálů (volitelně z jednoho až čtyř kanálů) s interním časováním karty. Ke spouštění ani ukončování měření se neměly používat ani analogové nebo digitální trigger, ani externí digitální signály. Čtení mělo být asynchronní, aby se dalo v případě potřeby přerušit. Čtené hodnoty měly být ukládány do bufferu.

Tímto stanovením požadavků na způsob měření se zúžil okruh funkcí, které se daly použít. Postupně jsem tedy provedl jejich implementaci a testování. Ukázalo se, že některé vytipované API funkce nebylo možno s kartou DAQCard-700 použít, musel jsem tak hledat jejich alternativy. U některých funkcí bylo nutno nastavit jejich předávané parametry na odlišné hodnoty, než které byly uváděny v ukázkových příkladech – to bylo taktéž způsobeno specifikou použité komunikační karty. Po určitém období dalšího studování dokumentace a testování, kdy byla práce také komplikována omezenými možnostmi při zapůjčení měřicí sestavy z firmy Tediko, s.r.o., bylo nakonec výsledkem funkční načítání měřených hodnot, které se daly z načteného bufferu uložit do souboru na pevný disk počítače.

6.1.1 Požadavek asynchronity

Dalším testováním provedeného řešení se projevil problém s asynchronním čtením hodnot. Přestože bylo udáváno, že použité funkce by měly podporovat asynchronní načítání hodnot, tzn. umožnit v průběhu měření provádění dalších operací, toto nebylo možné. Po spuštění měření se řízení předalo do procesní a komunikační vrstvy systému a nebylo možné provádět žádné akce ve vrstvě prezentační, tzn. grafické uživatelské rozhraní bylo po dobu měření nepřístupné a nezobrazovalo např. žádná stavová hlášení, která jsem do cyklů probíhajícího měření zahrnul. Po vyzkoušení různých postupů, jiných použitelných funkcí (např. pro specializované čtení pouze jednoho kanálu) a novém prostudování dokumentace jsem pro řešení problému opět musel kontaktovat technickou podporu National Instruments, konkrétně Ing.Keprtu z českého zastoupení firmy, který mi již předtím pomohl s řešením problému s instalátorem ovladače.

Řešení jsme s Ing.Keprtem po počátečním kontaktu a popisu problému pomocí elektronické pošty začali hledat také pomocí telefonických konzultací. Zde je nutno poznamenat, že Ing.Keprt byl v tomto směru velmi ochotný, sám mne několikrát aktivně telefonicky

kontaktoval a poskytl mi některé cenné informace. Přístup společnosti National Instruments k řešení mého konkrétního problému byl tedy velmi vstřícný.

Čtení hodnot z komunikační karty probíhá v následujících krocích:

- 1) Požadovaná vzorkovací frekvence se převede na příslušnou časovou základnu a interval mezi jednotlivými vzorky
- 2) Proveďte se inicializace všech kanálů, určí se čtecí buffer, celkový požadovaný počet vzorků a inicializační hodnoty se uloží
- 3) V cyklu probíhá kontrola, zda získávání dat z kanálů bylo dokončeno. V každém cyklu jsou získány údaje o úspěšnosti čtení, počtu dosud získaných vzorků a pořadí čtených kanálů
- 4) Po dokončení čtení jsou data v bufferu převedena z binárních na napěťové hodnoty
- 5) Ukončí se scanování vstupních analogových kanálů a provede se reinicializace karty

Po každém z kroků je kontrolována úspěšnost operace. V případě neúspěchu je vyvolán Error Handler a zobrazeno chybové hlášení.

Každý z kroků je zajištěn pomocí volání interních funkcí z rozhraní API, ke kterým nejsou poskytovány zdrojové kódy. Popis použitých funkcí je součástí programátorské příručky k systému Tedis (Příloha 3).

Přestože je ve výše zmíněném kroku 3) firmou National Instruments v komentovaném kódu uvedeno, že během cyklu mohou být prováděny další úlohy na popředí, toto tedy nebylo možné. Pan Keprt navrhl vyzkoušet rozdělení jednoho celistvého měření na sekvenci několika kratších, tedy např. při požadované délce měření 10 sekund provést za sebou 10 měření o délce jedné sekundy. Dle jeho názoru by vzniklá prodleva mezi měřeními nebyla na závadu, protože data by se mezitím načítala do vnitřního bufferu karty. Prodleva by však nesměla být příliš dlouhá.

Navrhovaný způsob byl odzkoušen, avšak bez úspěchu. Komunikační karta se mezi ukončením jednoho měření a začátkem dalšího měření nestihla reinicializovat, což je pro nastavení dalšího měření nutné, a ohlásila chybu pokusu o použití zařízení, které je v činnosti. Nastavení delší prodlevy mezi měřeními by mohlo být nespolehlivé a mohlo by vést ke ztrátě měřených dat.

Další možné řešení by mohlo být proveditelné pomocí využití systémového přerušení. To by ale předpokládalo hlubší znalost prostředků, které karta využívá, a ve své podstatě naprogramování vlastních funkcí pro řízení čtení skenovaných hodnot.

Bohužel, hlubší analýza problému ze strany firmy National Instruments již dále nebyla možná z důvodu zastaralosti jak komunikační karty DAQCard-700, tak funkcí API v ovladači Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3. Firma již v současnosti oficiálně neprovádí podporu tohoto zařízení. Jako řešení bylo navrženo použít novější typ karty a ovladače. Doporučovaná náhrada je karta NI USB-6212 s ovladačem DAQmx, která v současnosti (jaro 2009) stojí 27 000,- Kč. Příslušenství ke kartě (kabel, konektor) se pohybuje okolo 1500,-Kč. Dalším navrhovaným řešením bylo použití vývojového prostředí LabView, které má lepší podporu starších zařízení jako je DAQCard-700 a asynchronní čtení by zde mělo být funkční. Je řešeno pomocí multitaskingu.

Ani jedno z navrhovaných řešení nebylo pro účely původního zadání práce vhodné. Zachování karty DAQCard-700 bylo považováno za velkou výhodu nového systému, i když v případě nutnosti by se firma Tediko, s.r.o., nebránila ani nákupu nových typů karet. V budoucnu se s tím dokonce počítá, avšak pro současné řešení preferovala karty původní. Použití systému LabView by pak představovalo nové finanční náklady na pořízení tohoto programovacího nástroje. Tato problematika již byla vyhodnocena v předešlých fázích projektu a změna by vedla k nutnosti nového přehodnocení architektury SW díla. Také by bylo nutné seznámení se s novým vývojovým prostředím a programovacím jazykem v tomto úzce specializovaném vývojovém systému. To by byl v této fázi řešení projektu opět krok zpět.

Problém nemožnosti přerušení měření ještě před vypršením předem zadané doby byl tedy konzultován s vedoucím práce a zejména se zástupcem Tediko, s.r.o., neboť možnost předčasného ukončení uživatelem byla jedním ze specifikovaných požadavků. Protože to nepředstavovalo při vhodně zadaném čase měření větší komplikace, byl požadavek zrušen a odsouhlasen způsob ukončení měření pouze po vypršení předem zadané doby. Možnost přerušit měření dříve bude eventuálně v budoucnu využita při použití novějších typů komunikačních karet a rozšíření možností SW díla.

6.1.2 Omezení počtu vzorků

Při testování načítání skenovaných dat se při zadané delší době měření a načítání více kanálů projevil další problém. Aplikaci nebylo možno spustit z důvodu chyby při linkování programu.

Linker je sestavovací program, který spojí objektové soubory vytvořené překladačem do spustitelného souboru. Docházelo k situacím, kdy v prostředí Borland C++ Builderu proběhl překlad aplikace bez chyb, následně však byla hlášena chyba linkeru „Write Output Error“.

Po několika provedených testováních jsem zjistil, že příčinou je velikost bufferů pro ukládání měřených hodnot. Použité funkce API vyžadují nadefinování dvou bufferů. První buffer je použit pro ukládání binárních hodnot načtených z komunikační karty, do druhého bufferu se pak data překonvertují na napěťové hodnoty. Pro každý z bufferů je použita datová struktura jednorozměrné pole. První pole obsahuje celočíselné hodnoty o velikosti 16 bitů, druhé pole reálné hodnoty o velikosti 64 bitů.

Na základě doporučeného použití v ukázkových příkladech National Instruments byla velikost obou bufferů alokována staticky. Hned na počátku měření byly tedy vždy stanoveny počty prvků, které mohou tato pole obsahovat. V našem případě ale může jít o enormní množství údajů – při vzorkovací frekvenci 2000 vzorků/sekundu, čtení 8 vstupních kanálů (4 frekvence, každá složená ze složky X a složky Y) a době měření 30 sekund je výsledný počet 480 000 vzorků.

V počátečních fázích implementace a testování byly zadávány menší počty kanálů nebo kratší doba měření a k potížím nedocházelo. S postupem času se ale chyba projevila, a to pokud velikost bufferů přesáhla 432 000 údajů. Tato hodnota odpovídá době 27 sekund měření při maximální vzorkovací frekvenci 2000 vzorků/sekundu a maximálním počtu 8 kanálů.

Specifikace požadavků na nové SW dílo vycházela z možností původního SW produktu TEDECT. V produktu TEDECT byla maximální možná doba měření 30 sekund, této hranici se

tedy maximální hodnota doby měření při statické alokaci bufferů blížila. Problém byl stejně jako v předchozích případech konzultován s p.Tischlerem. Bylo potvrzeno, že absolutní většina měření probíhá kratší dobu a že měření delší než 20 sekund se používá zcela výjimečně. Bylo tedy odsouhlaseno, že maximální možná doba měření se stanoví na 25 sekund.

V dalších iteracích vývoje modulu Tedis-Měření pak byl způsob alokace bufferů přeprogramován ze statického na dynamický. Velikost alokované paměti se tak vždy určí aktuálně podle zadaných hodnot vzorkovací frekvence, počtu kanálů a doby měření a nedochází ke zbytečnému obsazování paměti. Omezení maximální doby měření na 25 sekund však již zůstalo zachováno a je součástí schválené specifikace požadavků (Příloha 1).

6.2 Organizace datové vrstvy

Po implementaci a testování části procesní a komunikační vrstvy modulu Tedis-Měření pro čtení měřených údajů přišlo na řadu vyřešení struktury vrstvy datové. Již předem bylo určeno, že data budou ukládána do textových souborů na pevný disk počítače. Nyní šlo tedy o stanovení jednak vnitřní struktury dat v samotných souborech, a pak o organizaci souborů na pevném disku. Vše muselo být navrženo s ohledem na budoucí snadné načítání hodnot ze souborů do prostředí Microsoft Excel.

6.2.1 Vnitřní struktura souborů

Jeden soubor měl představovat jedno provedené měření. Muselo být rozlišitelné, které hodnoty náleží kterému čtenému kanálu, a tyto hodnoty musely být seříděny podle toho, v jakém pořadí byly načteny. Také bylo potřeba rozhodnout, jak budou k hodnotám jednoho měření přiřazeny další identifikační údaje, které se při měření zadávají (viz Příloha 1).

Načítání skenovaných hodnot z komunikační karty do bufferu probíhá za pomoci funkcí rozhraní API. Funkcím se při inicializaci komunikace předává počet skenovaných kanálů. Data pak přicházejí do bufferu cyklicky vždy od kanálu s nejvyšším pořadovým číslem po kanál s nejnižším pořadovým číslem. Toto pořadí u daného typu karty a při použitých funkcích nelze ovlivnit (narozdíl od jiných zařízení). Vždy je také dokončen celý cyklus čtení, tzn. nemůže se stát, že by např. při čtyřech čtených kanálech byly načteny poslední hodnoty z kanálů č.3 a č.2 a z kanálů č.1 a č.0 by již načteny nebyly.

Těchto vlastností bylo využito a struktura souboru pak určena tak, že při přepisu z bufferu se do jednoho řádku zapíše hodnoty od nejvyššího kanálu po nejnižší kanál. Hodnoty budou vzájemně odděleny tabulátory, což je výhodné pro budoucí načítání v prostředí Microsoft Excel, kde tabulátor značí přechod o jednu buňku vpravo (při standardním nastavení prostředí Excelu, viz Uživatelská dokumentace v Příloze 1). Po načtení nejnižšího kanálu se přejde na nový řádek a zápis bude pokračovat opět nejvyšším kanálem. Data z jednotlivých kanálů tak budou seříděna ve sloupcích.

Délka textového souboru je v podstatě neomezená, nezáleželo tedy na tom, kolik bude potřeba naměřených údajů do souboru uložit. Muselo se však také brát do úvahy omezení

Excelu, kdy maximální počet řádků je v současných verzích 65 535. Při maximálním možném počtu vzorků, tedy při vzorkovací frekvenci 2000 vzorků/sekundu a délce měření 25 sekund, dosahuje počet údajů na jeden měřený kanál 50 000 vzorků. Jeden sloupec textového souboru tak může obsahovat maximálně 50 000 hodnot, což vyhovuje i vlastnostem Excelu.

Pro uložení identifikačních údajů měření (takovými údaji jsou např. název zákazníka, název měřeného bloku, název měřeného zařízení, počet měřených frekvencí a jejich hodnoty, vzorkovací frekvence, doba měření atd.) bylo jednou z variant jejich uložení do dalšího samostatného souboru. Nevýhodou takového řešení je ovšem potřeba spárování se souborem měřených hodnot. Toto řešení by bylo možné, ale nepřinášelo žádné výhody.

Identifikační údaje jsou logicky rozčleněny do 3 kategorií:

- Měřený blok
- Měřený podblok
- Měřená trubka

Rozdělení kopíruje původní členění z programu TEDECT, podrobnější popis je součástí Přílohy 2. Údaje se zadávají ještě před spuštěním měření, neboť některé z nich jsou pro vlastní měření nezbytné (vzorkovací frekvence, počet měřených kanálů, doba měření, invertování naměřených složek). Proto bylo rozhodnuto, že identifikace měření i vlastní naměřené hodnoty budou uloženy v jediném souboru. Struktura souboru je následující:

- 1.řádek – identifikační údaje měřeného bloku
- 2.řádek – identifikační údaje měřeného podbloku s přidáním datumem a časem měření
- 3.řádek – identifikační údaje trubky
- 4. řádek – prázdný
- 5. až n. řádek – naměřené hodnoty

Výslednou strukturu je bez problémů možno automaticky načíst do listu Excelu, kde zůstává zachováno stejné členění jako v původním souboru. Pozice jednotlivých informací jsou pevně stanoveny a může se z nich vycházet při dalším zpracování.

6.2.2 Adresářová struktura

Pro export dat ze souborů do modulu pro analýzu a vyhodnocení bylo potřeba stanovit systém ukládání souborů tak, aby mohla být hledaná data jednoznačně rozpoznána. Ke konkrétní trubce musí být snadno dohledatelný konkrétní soubor. Byla proto stanovena následující struktura:

- Celý měřicí systém Tedis bude uložen ve společném adresáři. Typické umístění bude C:\Tedis. Tento adresář však nebude povinný a bude záležet na volbě při instalaci produktu (v následném popisu struktury je však použit tento defaultní adresář)
- V adresáři C:\Tedis budou podadresáře pro jednotlivé moduly – adresář Analýza pro modul Tedis-Analýza a adresář Merení pro modul Tedis-Měření

- Adresář C:\Tedis\Mereni bude obsahovat podadresář Data
- V adresáři C:\Tedis\Mereni\Data bude automaticky vytvořena 4-vrstvá podadresářová struktura. Program Tedis-Mereni v případě potřeby (pokud daná cesta ještě nebude existovat) vytvoří podadresáře podle identifikačních údajů zákazníka, bloku, názvu zařízení a čísla zařízení
- Soubory budou uloženy na nejnižší úrovni popsané struktury, tedy trubky konkrétního zařízení v adresáři s číslem tohoto zařízení
- Název souboru bude složen z identifikačních údajů trubky, což jsou souřadnice X, Y, Z a pořadové číslo měření trubky. Přípona textového souboru bude XLS

Pro každého zákazníka, měřený blok, název zařízení a číslo zařízení budou tedy uloženy soubory na jednoznačně identifikovatelném místě. Soubor konkrétní trubky bude na tomto místě jednoznačně rozpoznatelný svým názvem.

Podrobnější popis adresářové struktury a příklad použití je součástí uživatelského manuálu (Příloha 2).

6.3 Komprese dat

Použitý způsob měření vytváří velké množství dat. Jejich počet závisí pro každé měření na nastavených parametrech, jak již bylo zmíněno dříve. Obecně jde ale o desítky až statisíce údajů, což má samozřejmě vliv na velikost souboru, kam se data ukládají. Testováním bylo ověřeno, že velikost souboru při dlouhé době měření, větším počtu čtených kanálů a maximální vzorkovací frekvenci dosahuje 4,5 MB. Protože pro jedno zařízení může být měřeno několik desítek a někdy dokonce až stovek trubek, tato velikost souboru by mohla časem způsobovat problémy s odkládací kapacitou. Při proměření 100 trubek by vytvořené soubory mohly obsadit až 450 MB na pevném disku. To sice při současných kapacitách HDD není takový problém, pokud by se však soubory pravidelně nezálagovaly a z pevného disku nemazaly, zbytečně by zabíraly mnoho místa. Při zálohování na CD by se také dala na jedno médium o velikosti 700 MB zaarchivovat přibližně pouze 2 měřená zařízení.

Vytvářené soubory bylo tedy vhodné komprimovat. To přineslo nutnost zvolení vhodné metody vzhledem k charakteru dat a také vzhledem k možnostem aplikování algoritmů komprese a dekomprese v použitých programovacích prostředích. Musel jsem tedy provést dva základní kroky:

- 1) Pro naměřené soubory vytipovat a odzkoušet různé kompresní metody
- 2) Rozhodnout, zda vybranou kompresní metodu naprogramovat nebo zda využít funkční komponentu třetí strany

6.3.1 Huffmanovo kódování

Huffmanovo kódování je nejznámější metodou statistické komprese, kdy je dopředu známa abeceda a pravděpodobnost výskytu jejích symbolů. Lze pak určit entropii zprávy, která určuje

množství informace. Efektivita algoritmu závisí na pravděpodobnosti výskytu symbolů. Jde o bezztrátovou datovou kompresi. Existují i další varianty základního algoritmu, jako Kanonické Huffmanovo kódování nebo Dynamické Huffmanovo kódování, které nepotřebuje dopředu znát pravděpodobnosti symbolů. Huffmanovo kódování se využívá jako součást dalších slovníkových a kompresních metod, jako jsou JPEG, GZIP apod.

Pro odzkoušení účinnosti algoritmu jsem provedl vyhledání dostupných aplikací na internetu. Jedním z nalezených řešení, které bylo volně k dispozici, byla konzolová aplikace Petra Koupého z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Aplikace je naprogramována v jazyce Pascal a označena licencí CPOL, mohla by být tedy použita v rámci jiného projektu i pro komerční účely. [WebP]

Po provedení komprese souborů naměřených dat pomocí Huffmanova kódování jsem konstatoval, že výsledky jsou pouze uspokojivé, avšak použitelné. Komprimovaný soubor měl průměrně velikost 46 % velikosti původního souboru, došlo by tedy k přibližně 50 % úspoře místa na disku.

6.3.2 RLE kódování

Run-length kódování (RLE) je jednoduchá forma datové komprese založená na myšlence kódování sekvence znaků w délky n jako dvojice nw . Byla jednou z prvních metod pro kompresi obrazu do formátů BMP a PCX [Wiki]. Je vhodná pro kompresi textu a kreslených obrázků, nehodí se pro kompresi např. fotografií.

Pro odzkoušení jsem opět použil hotové řešení Petra Koupého. Aplikace je, stejně jako u Huffmanova kódování, napsána v jazyce Pascal, jde o aplikaci konzolovou a vztahují se na ni licenční podmínky podle CPOL.

Výsledky použití kódování RLE na náš typ dat nebyly dobré. Nový soubor byl průměrně zkomprimován na 98 % původní velikosti, takže k žádné úspoře by nedošlo.

6.3.3 Formát ZIP

Jako třetí způsob v pořadí jsem odzkoušel kompresi do souborového formátu ZIP. Ten je určen pro archivaci dat, kdy jsou soubory zároveň zkomprimovány. Výsledný archivní soubor může obsahovat více zkomprimovaných souborů, ke kterým lze přistupovat jednotlivě. Jeho výhodou je velká rozšířenost a zaintegrovaní do mnoha aplikací. Většina správců souborů jej v současné době podporuje. Je dokonce zaintegrovan i do novějších operačních systémů Windows, takže běžný uživatel může s archivními soubory pracovat podobně jako s ostatními typy souborů.

Pro otestování jsem použil ZIP kompresi integrovanou ve správci souborů Total Commander. Výsledky archivace naměřených souborů dat byly velmi dobré. U menších souborů se kompresní poměr pohyboval okolo 5 až 10 %, u největších souborů pak mezi 15 až 20 %.

6.4 Implementace komprese dat

Po vyhodnocení výsledků testování kompresních algoritmů vycházelo jednoznačně nejlépe použití formátu ZIP. Kladem tohoto řešení je rozšířenost jeho podpory v mnoha správcích souborů včetně průzkumníka souborů v posledních verzích operačního systému Windows.

Nyní tedy zbývalo rozhodnout druhý bod problematiky komprese dat – zda algoritmus naprogramovat nebo použít hotovou komponentu třetí strany. Do modulu Tedis-Měření, který je vyvinut v programovacím jazyce C++, bylo nutno integrovat kompresi uloženého textového souboru, a do modulu Tedis-Analýza implementovat v jazyce VBA dekompresi archivovaného souboru pro následný import dat.

6.4.1 Rozšíření datové vrstvy

Změnou formátu uloženého souboru dat se nejprve musela mírně upravit organizace datové vrstvy. Adresářová struktura zůstala stejná, pouze uložený soubor měl být nyní ve formátu ZIP místo původního XLS. Název souboru tedy zůstal beze změny, pouze se změnila přípona souboru. Archivní soubor ZIP pak v sobě obsahuje původní textový soubor s příponou XLS.

Protože aplikace Microsoft Excel nepodporuje přímý import dat z archivů ZIP, muselo být pro aplikaci Tedis-Analýza počítáno s mezikrokem dekomprese na původní soubor typu XLS. Z dekomprimovaného souboru pak již může být provedeno načtení dat do listu Excelu. Za tímto účelem byl do adresáře C:\Tedis\Analýza přidán podadresář Data, kam bude vždy soubor z původního umístění rozbalen a následně odtud importován do Excelu.

6.4.2 Přidání kompresního algoritmu

Pro kompresi dat jsem po prověření více možností použil utility určené pro jazyk C++ v prostředí operačních systémů Windows 2000/XP/2003/Vista. Jejich autorem je Lucian Wischik, vývojář společnosti Microsoft z USA. Své řešení včetně zdrojových kódů zveřejnil na webových stránkách amerického projektu Code Project [WebC], kde si komunity vývojářů z celého světa předávají zkušenosti a názory nebo poskytují zdrojové kódy svých programů pro volné použití. Utility jsou volně k dispozici i pro komerční účely. Soubory obsahují výčet podmínek, za kterých jsou použitelné, a toto ujednání je tedy také součástí SW díla Tedis.

Utility jsou ve formě zdrojových souborů jazyka C++, které stačilo přiřadit do projektu Tedis-Měření a následně využít předefinované funkční rozhraní. Komprese naměřených dat do archivu ZIP ihned od počátku fungovala bez jakýchkoli problémů a nevyvstala dále žádná potřeba použít jiné řešení.

6.5 Doplnující údaje

Modul Tedis-Měření byl vyvíjen a zdokonalován průběžně po celou dobu vývoje SW díla. V pozdějších fázích byl doplňován o nové prvky souběžně s vývojem modulu Tedis-Analýza tak, aby některé vzájemně se ovlivňující funkčnosti mohly být komplexně otestovány. To se týká např. implementace komprese dat.

Kromě procesní vrstvy modulu byla pozornost věnována také grafickému uživatelskému rozhraní, které mělo splňovat požadavky na jednoduchou a přehlednou obsluhu. Náhled prostředí modulu Tedis-Měření je na obrázku 6.1.

Tedis - Měření 1.0 (2008-2009)

Identifikace měření

Měřený blok

Zákazník: EPC Název zařízení: CHSV
Blok: TG3 Číslo zařízení: 2-Spodní
Poznámka: Ms70 15x1x3000

Měřený podblok

Měření provedl: TI,JE,GL Počet vzorků/sec: 2000 Frekvence 1: 150 kHz
Název/číslo sondy: T 110 / 5 Doba měření: 10 sec Frekvence 2: 120 kHz
Měřicí přístroj: HO Počet frekvencí: 2 Frekvence 3: 60 kHz
Inverze signálu: X: Ne (+) Y: Ano (-) Frekvence 4: 60 kHz

Měřená trubka

Souřadnice: X: 1 Y: 1 Z: S Pořadové číslo měření: 1

Start měření Stav Zadávání údajů měření Konec

Obr. 6.1 Ukázka uživatelského rozhraní modulu Tedis-Měření

7 Implementace modulu analýzy

Část SW díla Tedis pro analýzu a vyhodnocování zaznamenaného průběhu měření měla na základě provedených specifikací požadavků umožňovat provádění následujících hlavních činností:

- Prohlížení průběhu měření ve formě grafu
- Detailní zobrazení vybraného úseku měření formou grafu
- Identifikaci nejhorší vady vybrané části měření a výpočet specifických hodnot této vady
- Provedení hodnocení kvality zobrazené trubky
- Souhrnný přehled hodnocení kvality trubek v rámci měřeného bloku
- Export grafů za účelem použití ve zprávách o zjištěných vadách

Detailní soupis požadavků je součástí Dokumentu specifikace požadavků (Příloha 1).

Jakmile byla určena architektura systému, zejména způsob implementace datové vrstvy pomocí systému souborů, a následně zprovozněno čtení dat z komunikační karty pomocí funkcí API firmy National Instruments a jejich ukládání do textových souborů, byla již k dispozici zkušební data v takové formě, že se mohlo přistoupit k realizaci modulu Tedis-Analýza v prostředí Microsoft Excel. Vývoj probíhal v několika etapách, postupně se upřesňovaly požadavky a řešily dílčí problémy. Dále jsou popsány některé významnější části funkcionality systému, pro které bylo nutno rozhodnout, jakým způsobem budou implementovány.

7.1 Dekomprese dat

V okamžiku, kdy bylo v modulu měření implementováno komprimování souborů do ZIP archivů, musela se jako další krok vyřešit jejich dekomprese před načtením do prostředí Excelu. V té době již byl modul Tedis-Analýza v rozpracovaném stavu a architektura datové vrstvy byla promyšlena také.

Dekomprese měla být součástí operace načtení dat do Excelu a měla těsně předcházet vlastnímu importu z již rozbaleného souboru, který měla připravit do adresáře C:\Tedis\Analýza\Data. Implementace tedy musela být provedena přímo v Excelu pomocí programovacího jazyka VBA.

K vyřešení problematiky pomohlo nalezení ukázkových řešení na internetu. Ty se týkaly právě dekomprese souborů typu ZIP pomocí defaultní podpory tohoto formátu v operačním systému Windows. Implementace byla provedena v jazyce VBA, tedy přímo určena pro produkty sady Microsoft Office a speciálně pro Excel. Autorem nabízených řešení je Ron de Bruin, nizozemský pěstítel chryzantém, který má však Excel jako svého velkého koníčka a je držitelem ceny Most Valuable Professional (MVP) společnosti Microsoft udělované

osobnostem s velkými zásluhami o celosvětový rozvoj technických komunit. Zdrojové kódy jsou volně k dispozici a k dalšímu využití [WebU].

Funkce využívají volání shellu systému Windows z prostředí jazyka VBA. Jsou použitelné pouze v novějších verzích Windows (od verze Windows XP), ve kterých je možno prohlížet soubory ZIP jako složky souborového systému. To je umožněno speciálním rozšířením jmenných prostorů shellu pomocí knihovny `.../Windows/system32/zipfldr.dll`, která je zaregistrována v systémových registrech. Pokud by tedy knihovna byla z registrů odregistrována, čtení komprimovaných složek by přestalo fungovat.

Za zmínku také stojí, že pro práci se soubory je využita služba Windows Script Host (WSH). Tato služba je opět v novějších systémech Windows standardně k dispozici a musí pro správnou funkčnost aplikace být zapnuta.

Zakomponoval jsem tedy dané řešení do projektu a vše odzkoušel. Protože nenastaly v celém systému vytváření souborů, jejich komprese, dekomprese a načítání žádné závažnější potíže, celá tato problematika tím byla definitivně vyřešena.

7.2 Organizace dat

Provedení automatického importu dat (z textového souboru) nebyl žádný zásadní problém. Bylo však nutno určit systém, jak budou data a následně vytvořené grafy vzájemně provázány.

V modulu Tedis-Analýza jsou na hlavním listu aplikace 3 různé grafy:

- Graf Celek pro zobrazení celého průběhu měření, kde je křivka závislosti naměřených napětových hodnot na čase
- Graf Monitor pro zobrazení vybraného úseku měření z grafu Celek, tedy jakýsi detail kratšího úseku. Jde opět o křivku závislosti naměřených napětových hodnot na čase
- Graf Osciloskop pro zobrazení vybraného úseku měření z grafu Monitor, kde je křivka závislosti reálné složky X na imaginární složce Y pro vybranou frekvenci. Toto zobrazení odpovídá zobrazovanému průběhu na displeji měřícího defektoskopu

Detailní popis členění grafického prostředí je součástí uživatelského manuálu (Příloha 2).

Pro každý z grafů musí být určena oblast dat, podle které graf zobrazuje požadované závislosti. Protože by bylo nepřehledné a pro účely dohledávání případných chyb nepraktické, aby všechny grafy pracovaly nad stejnou oblastí dat, je pro každý z grafů vyčleněna oblast několika sloupců, kam jsou jim hodnoty poskytovány. Existuje tak oblast originálních načtených hodnot, ze které se údaje pouze čtou a následně kopírují do oblastí určených jednotlivým grafům. V případě detailních grafů se z originálních dat kopíruje vždy jen menší vybraná část. Při provedení nového výběru je oblast přepsána novými daty. Také jsou do těchto oblastí vypočítávány a přiřazovány pomocné údaje, jako např. hodnoty pro časovou osu grafu Monitor apod. Tímto mechanismem je zajištěna o mnoho přehlednější hierarchie údajů, ze kterých jednotlivé grafy vycházejí.

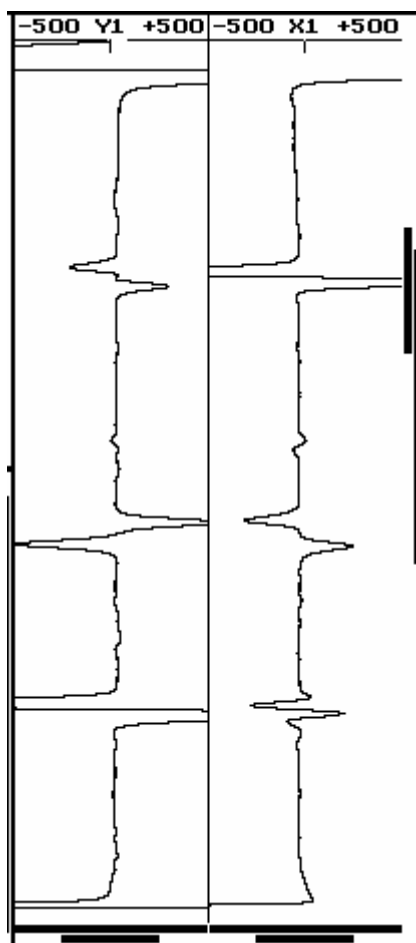
7.3 Identifikační údaje

Identifikační údaje měření jsou ze souborů načítány společně s naměřenými hodnotami. K již existujícím údajům pak nejsou žádné nové parametry nebo označení během analýzy přidávány, ani nejsou existující údaje nijak modifikovány. Slouží pouze pro čtení.

Z důvodu úspory místa bylo při návrhu grafického uživatelského rozhraní rozhodnuto, že tyto údaje nebudou zobrazeny trvale. Nejsou pro účely vyhodnocování naměřených průběhů natolik podstatné, aby musely být neustále viditelné. Jsou proto k dispozici pouze v případě potřeby na zvláštním formuláři. Výjimkou jsou jen identifikační údaje trubky (souřadnice a pořadové číslo měření), které jsou zobrazeny trvale.

7.4 Zobrazení měřených složek

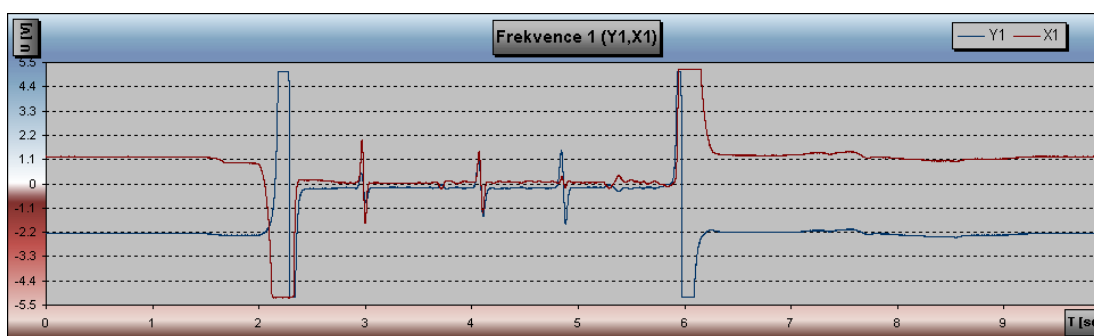
Jednou z otázek, kterou bylo také potřeba uspokojivě vyřešit, byl způsob zobrazování frekvencí a jejich složek v grafech. V původním programu TEDECT byl použit způsob, kdy byla zvolena frekvence a pro ni byly vždy zobrazeny obě měřené složky (X, Y), každá v samostatném okně (obr. 7.1).



Obr. 7.1 Zobrazení složek X, Y v programu TEDECT

Z některých dostupných zdrojů jsem hledal příklady, jak je toto řešeno v jiných problémově orientovaných programech. Zdálo se mi totiž výhodnější, aby byly obě složky zobrazeny společně v jediném grafu. Je tak lépe porovnatelný jejich vzájemný průběh a navíc jde o úsporu místa. Při menším počtu grafů je každý z nich větší a tím i křivky, které obsahují, lépe analyzovatelnější. Přesto jsem zjistil, že většina nalezených příkladů používá oddělené zobrazení složek (MultiView společnosti R/D Tech apod.).

Po konzultaci s p.Tischlerem jsem použil řešení společného zobrazení obou složek v jednom grafu (obr. 7.2). Je přitom možné zobrazit buď obě složky jedné frekvence najednou, nebo vždy pouze jednu ze složek. Nevýhodou může v některých případech být vzájemné překrývání křivek, pak lze ale využít právě samostatného zobrazení pouze jedné ze složek.



Obr. 7.2 Zobrazení složek X, Y v programu Tedis-Analýza

7.5 Omezení datových bodů grafu

Při vytváření grafů jsem narazil na omezení Excelu v počtu datových bodů, pro které lze v jednom grafu zobrazovat průběh měření. V grafu Celek je zobrazován vždy celý průběh měření a jak již bylo dříve řečeno, při delší době měření a vysoké vzorkovací frekvenci může počet zaznamenaných vzorků pro jeden kanál dosáhnout až 50 000 hodnot. Maximální počet bodů, pro které může být křivka v grafu zobrazena, je však jen 32 000 hodnot.

Jedním z možných řešení by bylo rozdělení průběhu měření do více grafů. To by však bylo hned z několika důvodů dosti nepraktické – uživatelské rozhraní by bylo méně přehledné, jednotlivé grafy by musely být menší (pokud by se nemělo s oknem aplikace rolovat, což ale opět ubírá na přehlednosti) a v neposlední řadě by to také přineslo komplikace při implementaci. V některých případech totiž počet vzorků na jeden měřený kanál hodnotu 32 000 nepřesáhne, a pak by rozdělení bylo zbytečné.

Vykreslování grafu Celek jsem proto vyřešil následujícím způsobem:

- Pokud je počet naměřených vzorků na jeden kanál vyšší než 32 000 hodnot, pro zobrazení křivky se vybírá pouze každá lichá hodnota v pořadí (tzn. 1.vzorek, 3.vzorek, 5.vzorek atd.)
- Pokud je počet naměřených vzorků na jeden kanál menší nebo roven 32 000 hodnotám, pro zobrazení křivky se vybírá každá hodnota

Tento způsob pro dané účely, kdy se vizuálně hodnotí průběh měření, nepřináší žádnou podstatnou ztrátu informace. Naměřené napětíové hodnoty se nemění skokově a počet vzorků je tak velký, že výsledné zobrazení je i při vybírání pouze každého druhého vzorku v daném měřítku v podstatě identické. Navíc k opravdové analýze konkrétní vady dochází zobrazením jejího detailu v grafech Monitor a Osciloskop, kde jsou již křivky vždy zobrazeny ze všech vzorků.

7.6 Výběr detailů křivek

Pro výběr kratšího úseku měření v grafu Celek, který měl být následně zobrazen v grafu Monitor, bylo nutno implementovat mechanismus, který by tuto klíčovou funkcionalitu zajišťoval. To samé se týkalo výběru oblasti v grafu Monitor, která se měla zobrazit v grafu Osciloskop.

Z programátorského hlediska je každý z grafů v prostředí Excelu objektem třídy s názvem Graf, která obsahuje několik událostí. Pokud je provedena nějaká akce (např. změna velikosti grafu, změna datového bodu apod.), je vyvolána příslušná událost, pro kterou lze doplnit programový kód. A právě obsluhu událostí jsem využil pro výběr detailů křivek. Konkrétně šlo o následující akce:

- Stisknutí tlačítka myši, kdy je ukazatel myši nad grafem
- Uvolnění tlačítka myši, kdy je ukazatel myši nad grafem

Mechanismus výběru by měl fungovat následujícím způsobem:

- 1) Ukazatel myši se v grafu přesune nad počátek vybírané oblasti křivky
- 2) Stiskne se tlačítko myši
- 3) Při stisknutém tlačítku se ukazatel myši přesune nad konec vybírané oblasti křivky
- 4) Uvolní se tlačítko myši

V Excelu pak existují dva typy grafů:

- Grafy umístěné na samostatných listech
- Grafy vložené na list

V sešitu Tedis-Analýza jsou použity vložené grafy na jednom listu. Tyto grafy oproti samostatným grafům nemají žádný modul kódu. Aby bylo možné používat události těchto grafů, musí se pomocí jazyka VBA vše v několika krocích nadefinovat [ExcVBA]:

- 1) Vytvořit modul třídy
- 2) Deklarovat obecný objekt třídy Graf
- 3) Propojit deklarované proměnné s grafem
- 4) Vytvořit událostní procedury pro třídu grafu

Provedl jsem implementaci výše popsaným způsobem a s využitím již předem navržené organizace dat pro jednotlivé grafy otestoval požadovanou funkcionalitu. Následně jsem také

využil toho, že události grafů jsou aktivní pouze v případě, pokud je vytvořena instance objektu konkrétního grafu. Byla tedy přidána funkcionalita, kdy lze pomocí tlačítek události jednotlivých grafů aktivovat nebo deaktivovat. Akce vybírání oblastí pomocí myši jsou tak funkční pouze v případě, pokud je uživatel systému aktivuje. Tím je zajištěna ochrana proti náhodnému nechtěnému vybrání oblasti při kliknutí myši nad grafem. Při aktivovaných událostech je pak ještě stejná ochrana zajištěna minimální možnou délkou výběru. Detaily použití jsou součástí návodu k obsluze (Příloha 2).

7.7 Výpočet vady

Analýza jednotlivých vad trubky probíhá na základě zobrazených průběhů měření. Pro oblast vybranou v grafu Monitor a následně zobrazenou v grafu Osciloskop je automaticky vybrána nejhorší vada a spočteny některé číselné hodnoty:

- Napěťový rozdíl ΔX
- Napěťový rozdíl ΔY
- Polární poloměr R
- Úhel β
- Hloubka vady

Hloubka vady se počítá pouze pro některé frekvence a některé typy vad, typicky pro vnitřní vady.

Způsoby výpočtů těchto hodnot byly poskytnuty firmou Tediko, s.r.o. Speciálně hloubka vady je však vypočítávána pomocí konstant, které jsou určeny empiricky na základě zkušebních měření. Protože hodnoty konstant nebyly ještě v době testování systému k dispozici, byl jsem nucen provést reverse-engineering původního programu TEDECT. Zdrojové kódy má společnost Tediko, s.r.o., k dispozici. Zde jsem ověřil způsoby výpočtů i získal potřebné konstanty. Při následně prováděných testech se ukázalo, že výpočty i konstanty jsou správné.

Detailnější popis způsobu analýzy křivek a výpočtů hodnot vady je know-how firmy Tediko, s.r.o. Přestože jsem se z důvodu implementace systému musel s některými postupy a výpočty seznámit, tato problematika není předmětem této práce a proto zde ani nebude podrobněji popsána.

7.8 Hodnocení kvality

Po provedení analýzy se ve většině případů provádí hodnocení kvality trubky. Možné typy ohodnocení a způsob zadání hodnocení jsou součástí uživatelského manuálu (Příloha 2).

Pro tuto problematiku bylo nutno rozhodnout, jakým způsobem bude hodnocení trubky ukládáno. Nejprve se nabízelo řešení přidat hodnocení kvality do souboru s identifikačními údaji a naměřenými daty. Tato vize se však zkomplikovala v okamžiku, kdy bylo rozhodnuto, že se soubory dat budou komprimovat. Uložení hodnocení by tak představovalo postupně

soubor dekomprimovat, modifikovat a následně znovu komprimovat. To přinášelo několik nevýhod:

- Původní soubor dat se po ukončení měření již nemodifikuje. Ukládání hodnocení by tak bylo jedinou operací, pro kterou by bylo potřeba soubor aktualizovat
- Při modifikacích souboru by existovalo riziko jeho poškození, čímž by v krajním případě mohlo dojít ke ztrátě dat
- Hodnocení kvality se může pro stejnou trubku provádět vícekrát za sebou, což by vždy vyžadovalo dekompresi, modifikaci a kompresi souboru
- V modulu pro analýzu jsou použity dekompresní algoritmy při načítání dat do listu. Kompresi se nepoužívá, tudíž by bylo nutno naimplementovat také mechanismus komprese souboru

Z těchto důvodů byl použit způsob, kdy se hodnocení ukládá do zvláštního textového souboru ve stejném adresáři, ve kterém je uložen i soubor dat. Je také zachována jmenná konvence souboru, pouze je přidán prefix *H_*. Tím je jednoznačně určeno, že jde o soubor s hodnocením kvality a ke které trubce hodnocení patří. Soubor je tak malý (pouze několik bytů), že není potřebná ani jeho komprese. Tento způsob pak přináší i výhody při výpočtu statistik hodnocení.

7.9 Statistika kvality

Statistika provedených ohodnocení kvality trubek se vypočítává pro celý blok, kterého součástí je aktuálně načtená trubka. Blok je údaj zadaný v identifikačních údajích měření. Statistika je tedy souhrn pro více zařízení v rámci jednoho bloku. Popis zobrazení statistiky a význam jednotlivých položek je opět součástí uživatelského manuálu (Příloha 2).

Statistika se vypočítává na základě uložených souborů. V adresáři bloku se postupně prohledají všechny podadresáře názvů a čísel zařízení. Každý nalezený zkomprimovaný soubor dat je zaregistrován a je tak získán údaj o celkovém počtu provedených měření. Zaregistrovány jsou také soubory hodnocení a je tak získán údaj o počtu provedených hodnocení. Hodnota z hodnotícího souboru je vždy přečtena a zaregistrována, takže jsou postupně získány součty jednotlivých hodnocení.

Původní idea byla vytvořit trvalý soubor statistiky, kam by se při každém provedeném hodnocení zaregistrovala jeho hodnota a tím by byly průběžně evidovány součty jednotlivých hodnocení. Výhodou by oproti nakonec použitému řešení bylo rychlejší a jednodušší získání výsledků, protože ty by neustále byly k dispozici již spočítané. Řešení by ale také přinášelo zásadní nevýhody:

- Stejná trubka může být hodnocena vícekrát za sebou, hodnocení se může měnit. Muselo by se tak rozlišovat, zda již trubka byla hodnocena a příslušně statistiku upravovat
- Hodnocení a statistika hodnocení by byly uloženy na dvou různých místech a mohlo by dojít k nekonzistenci. Musel by proto existovat mechanismus, který by vytvořil

novou statistiku, a to zřejmě obdobným způsobem jako je vytvářena nyní při každém požadavku o její zobrazení

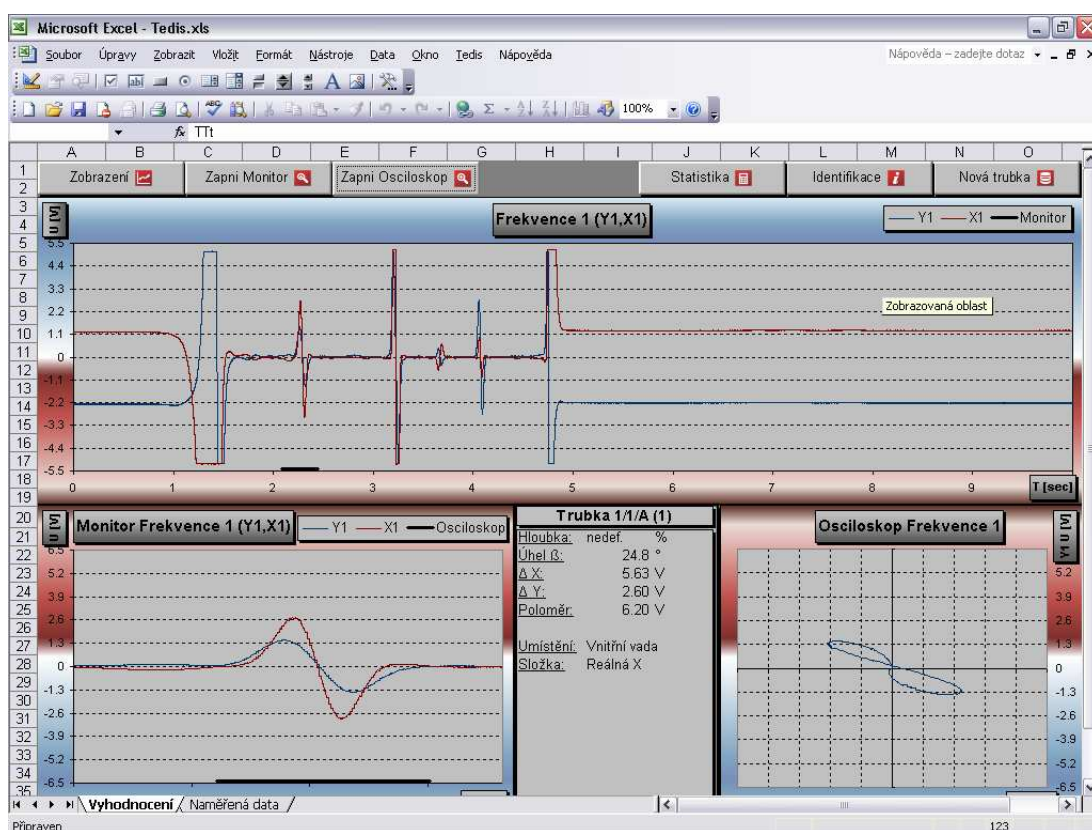
Již tyto důvody stačily k tomu, že řešení se souborem statistiky nebylo použito. Požadavek na zobrazení souhrnné statistiky také není tak častým úkonem, proto není na překážku, že se vždy statistika počítá pomocí procházení adresářové struktury. Naopak je tak zajištěna aktuálnost a správnost údajů.

7.10 Doplnující údaje

Vývoj modulu Tedis-Analýza začal v pozdější fázi řešení projektu, kdy již byla naimplementována významná část modulu Tedis-Měření. To bylo způsobeno potřebou existence naměřených údajů nutných pro postupné testování jeho funkcionality.

Implementace modulu probíhala v několika iteracích, kdy se postupně zpřesňovaly požadavky a testovala funkčnost hotových komponent. Došlo také k částečné úpravě původní architektury, jak již bylo popsáno. Velký důraz byl kladen na spolehlivost a použitelnost uživatelského rozhraní, pomocí kterého je prováděna základní činnost modulu – analýza a vyhodnocení naměřených údajů.

Náhled hlavního listu modulu Tedis-Analýza v prostředí Microsoft Excel je na obrázku 7.3.



Obr. 7.3 Ukázka uživatelského rozhraní modulu Tedis-Analýza

8 Testování

Za účelem prověření funkcionality celého SW díla byla v laboratorních podmínkách provedena sada funkčních testů. Zkoušky proběhly v pozdějších fázích implementace postupně ve 3 různých termínech a s určitým časovým odstupem. Ve spolupráci s p. Tischlerem, zástupcem společnosti Tediko, s.r.o., bylo vždy sestaveno měřicí zařízení a nastaveny potřebné parametry na měřicím defektoskopu. Měřeným objektem byly sady etalonů, na kterých jsou vady se známými charakteristikami a které firma Tediko, s.r.o., používá ke kalibraci přístrojů a ověřování správnosti měření.

Pro připojení k měřicímu systému byl použit starší notebook s operačním systémem Windows 2000, kde byl nainstalován a nakonfigurován ovladač komunikační karty a nainstalován modul Tedis-Měření. Po provedeném měření byly výsledné soubory přeneseny na novější notebook s operačním systémem Windows XP, nainstalovanou sadou Microsoft Office 2003 a nainstalovaným modulem Tedis-Analýza.

8.1 První test

V první sadě testů bylo bez potíží provedeno proměření všech etalonů. V modulu pro analýzu se pak ale projeví programové chyby, které v podstatě znemožnily vyhodnocení průběhů měření. Zejména bylo špatně naimplementováno zohlednění počtu měřených frekvencí a projeví se i další drobnější nedostatky. Po ručních zásazích se podařilo alespoň provizorně zobrazit průběh jednoho měření, kde bylo konstatováno, že naznačené průběhy by zhruba měly odpovídat skutečnosti. Podrobnější analýza však nebyla možná.

I takovýto průběh testování byl cenný. Rozhraní modulu Tedis-Měření bylo shledáno jako vyhovující a přestože se nedala ověřit správnost naměřených hodnot, načítání vzorků bylo funkční. Také se projevila skutečnost, že skutečný způsob měření prováděný v praxi může být odlišný od způsobu testovaného během implementace tvůrcem systému, čímž se odhalí nedostatky, se kterými vývojář nepočítá.

8.2 Druhý test

Při druhém testování již byly v modulu pro analýzu odstraněny nedostatky, které se projeví v testování předchozím.

Měření pomocí modulu Tedis-Měření bylo opět bez závad a proběhlo v krátkém čase.

Jako druhý krok bylo provedeno měření stejných etalonů pomocí původního systému TEDECT, který firma dosud používá. Toto měření bylo provedeno jako srovnávací, aby se následně mohly porovnat výsledky měření v obou systémech.

Výsledky nového způsobu měření byly postupně načítány do modulu Tedis-Analýza a kontrolovány naměřené průběhy. Tentokrát již proces importu dat a jejich zobrazování v grafech fungoval bez potíží. S výslednými křivkami a hodnotami byl p.Tischler spokojen a konstatoval, že odpovídají skutečnosti. Projevil se však závažnější problém s polaritou hodnot imaginárních složek Y - hodnoty měly opačné znaménko a křivky tak měly inverzní průběh, než jaký měly mít. Tímto se odhalila skutečnost, že již při specifikaci požadavků nebyla zmíněna možnost nastavení invertování měřených signálů, která v původním programu fungovala. U některých typů měřících defektoskopů je nutno měřené hodnoty invertovat. Bylo tedy dohodnuto, že bude požadavek přidán do Dokumentu specifikace požadavků a funkcionality naimplementována do modulu Tedis-Měření.

V této fázi bylo ověřeno, že naměřené údaje mají správné hodnoty a že program pro analýzu a vyhodnocení je použitelný. Výsledné křivky odpovídaly očekávání, ale kvůli otočené polaritě jedné ze složek nebylo možno porovnat, zda jsou vypočítávané hodnoty vad správné. Dohodnuty také byly drobnější úpravy podle připomínek během provádění testů. Upraven měl být automatický výběr a následný výpočet nejhorších vad, kdy byla problematika znovu probrána a p.Tischlerem upřesněny způsoby některých vyhodnocování a výpočtů.

8.3 Třetí test

Poslední laboratorní testování probíhalo podobným způsobem jako test č.2. Etalony byly proměřeny jak novým, tak starým systémem, a výsledky měření porovnávány.

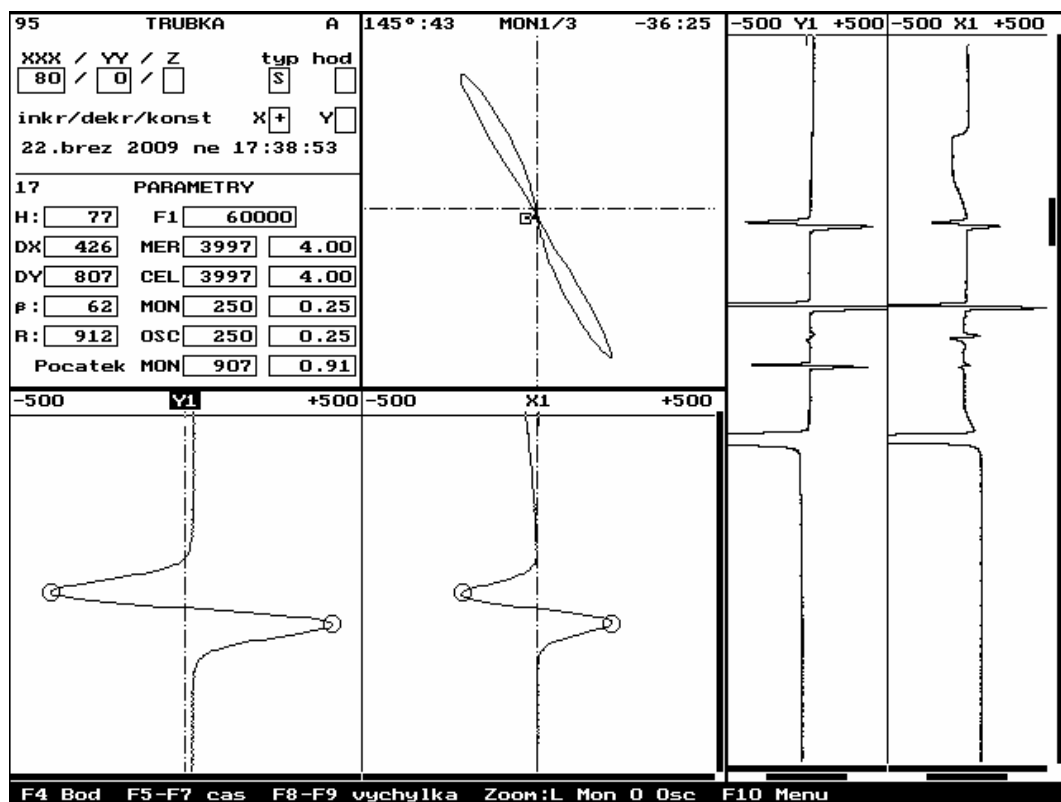
Při měření modulem Tedis-Měření již bylo nastaveno správné invertování hodnot podle použitého měřícího přístroje.

Průběhy křivek v obou systémech souhlasily. Porovnávaly se také automatické výběry a výpočty vad. Po drobné úpravě výpočtů, kdy se v některých případech vybírala vada podle špatné složky frekvence, souhlasily až na drobné odchylky způsobené zaokrouhlováním v původním programu i všechny vypočtené hodnoty vad v obou systémech.

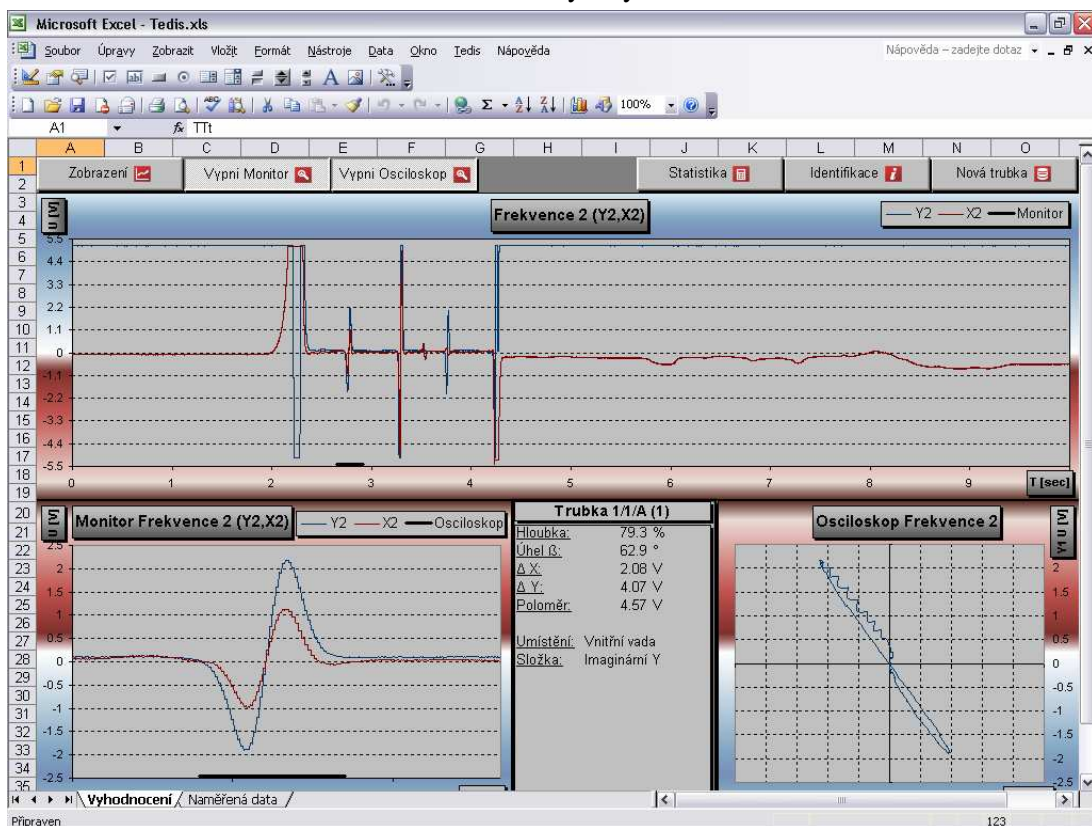
Příklady porovnání některých měření v obou systémech jsou na obrázcích 8.1 až 8.4.

8.4 Závěry testování

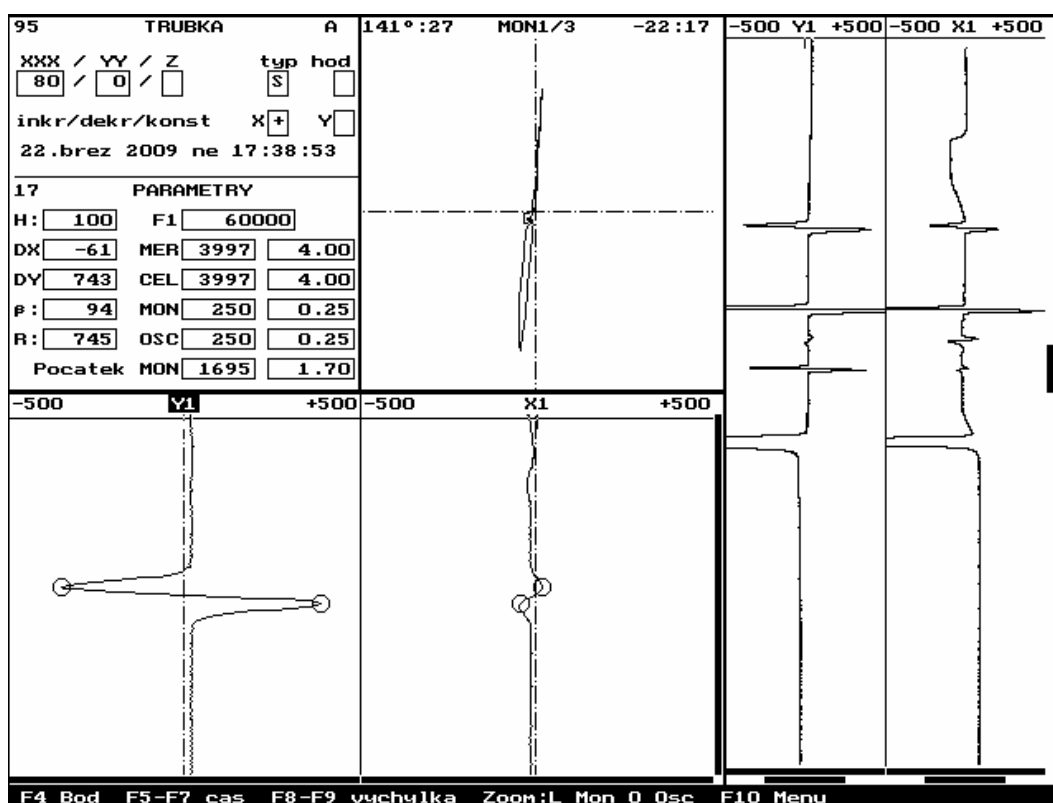
Po provedených testech zástupce firmy Tediko, s.r.o., konstatoval, že systém je funkční a výsledky měření a vyhodnocení jsou použitelné. Ještě bude nutné provést další odzkoušení při různých podmínkách a parametrech měření, zejména ve skutečných provozech. Systém bude dále průběžně testován tak, aby byla ověřena spolehlivost měření.



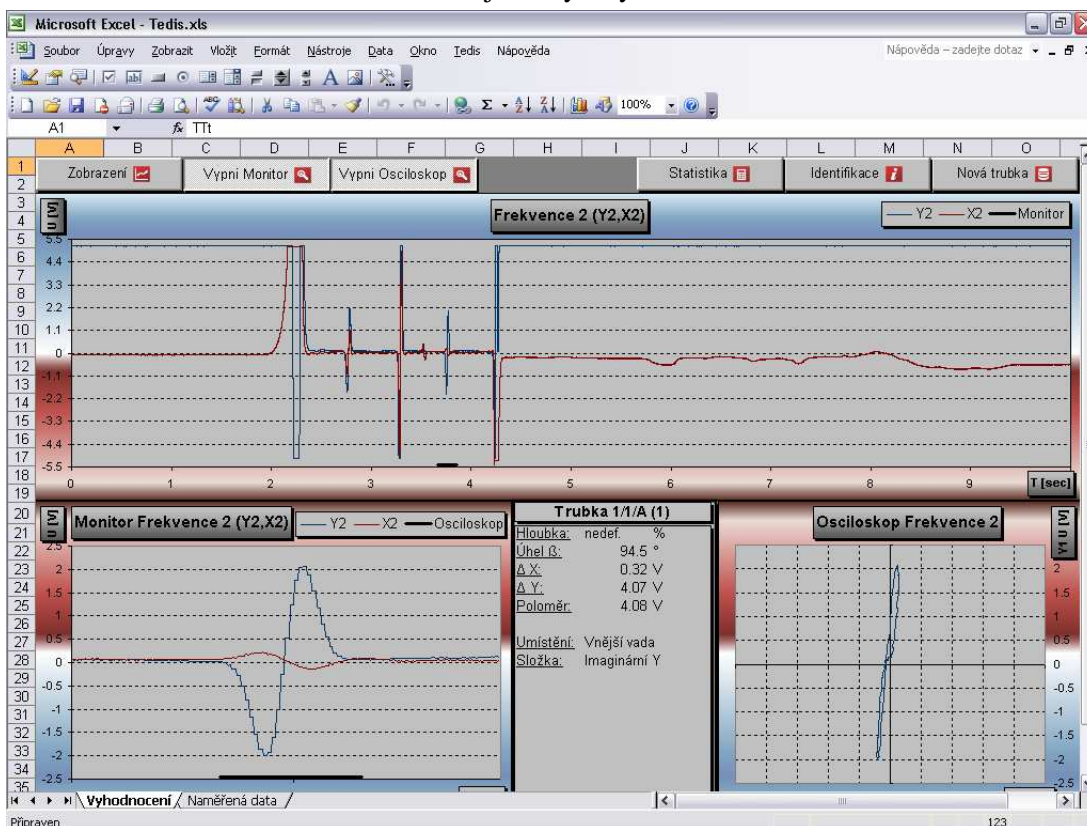
Obr. 8.1 Ukázka vnitřní vady v systému TEDECT



Obr. 8.2 Ukázka vnitřní vady v systému Tedis



Obr. 8.3 Ukázka vnější vady v systému TEDECT



Obr. 8.4 Ukázka vnější vady v systému Tedis

Závěr

V průběhu vývoje SW díla, který trval s různými prodlevami přibližně 10 měsíců, jsem se mohl seznámit s různými aspekty tvorby nového projektu – organizačními, obchodními, ekonomickými a technickými. Bylo nutno koordinovat schůzky mezi zúčastněnými stranami, předávat informace, informovat o navrhovaných řešeních, organizovat zapůjčení HW částí měřicího systému za účelem testování apod. Při hledání vhodných řešení jsem mimo technického aspektu přihlížel i k ekonomické stránce, tzn. nákladnosti použitých komponent.

Několikrát v průběhu realizace bylo nutno přehodnotit a změnit navržený koncept řešení. Také to přispělo k tomu, že jsem byl nucen seznámit se s několika různými oblastmi a věnovat se vícero druhům problémů – sestavování a konfiguraci HW částí měřicího systému (zejména nastavení měřicího defektoskopu), připojení a konfiguraci komunikační karty v PC, OPC architektuře a konfiguraci OPC serveru a OPC klientů. Dále bylo nutno nastudovat možnosti poskytovaného rozhraní API ke komunikační kartě v souvislosti s jejími možnostmi a poznatky následně využít v prostředí jazyka C/C++. Pro modul Tedis-Analýza jsem se musel seznámit se syntaxí a možnostmi jazyka VBA, včetně editoru zakomponovaného v prostředí Microsoft Excel. Část práce se také věnovala problematice komprese dat, kde bylo potřeba pro obě implementační prostředí (C/C++, VBA) nalézt vhodná řešení. V neposlední řadě bylo nezbytné porozumět doménové oblasti, tedy teorii měření pomocí vířivých proudů a systému analýzy a vyhodnocování naměřených dat používaného společností Tediko, s.r.o. Zejména šlo o interpretaci zobrazených křivek a určování vad tak, aby bylo možné vše smysluplně implementovat a testovat.

Celý vývoj probíhal iteračním způsobem. Postupně byly upřesňovány požadavky na systém, po jejich analýze navrhována a doplňována architektura, implementovány a testovány jednotlivé komponenty systému. Po neúspěšných výsledcích testů některých navržených částí musela být měněna SW architektura, což pak přinášelo zvýšené nároky zejména časové. V běžném prostředí vývoje ve firmě by to přinášelo také zvýšené nároky finanční.

Z programátorského hlediska pro mne byla přínosem zejména práce se skriptovacím jazykem VBA v prostředí Microsoft Excel, se kterým jsem se dříve setkal jen okrajově. Jazyk je založen na původním programovacím jazyku Basic, který se používá v různých modifikacích pro různé typy počítačů. VBA byl společností Microsoft přizpůsoben pro použití v produktech, které nabízí na trhu, a jedním z takových produktů je právě i Excel z balíku kancelářských aplikací Microsoft Office. Jak jsem se přesvědčil, VBA je mocný nástroj, pomocí kterého lze přímo v prostředí Excelu, kde je implementován i editor jazyka, vytvářet strukturované programy, a který umožňuje připravit koncovému uživateli komfortní uživatelské rozhraní s bohatými funkčními možnostmi, které odpovídají moderním nárokům. Významnou pomůckou je také automatický záznam maker, který lze při práci v Excelu spustit a od kterého lze následně odvodit programový kód pro VBA. Tento postup je často doporučován také v odborné literatuře.

Protože byla tato diplomová práce vytvořena na základě konkrétního požadavku společnosti Tediko, s.r.o., není výsledný SW produkt jen ukázkovým řešením dané problematiky bez dalšího využití. SW dílo Tedis postupně nahradí původní, již zastaralý program TEDECT. V současné době (duben 2009) probíhají zkušební a srovnávací testy v laboratorních podmínkách firmy Tediko, s.r.o., a v dohledné době by měl být produkt odzkoušen také v reálném provozu.

Celý projekt nekončí touto diplomovou prací. Ta bude základem pro další rozšíření systému, se kterými zadavatel práce do budoucna počítá. Zejména se bude jednat o podporu nových typů komunikačních karet připojovaných k notebooku přes rozhraní USB. Dále to budou některá vylepšení funkčních vlastností systému, větší zautomatizování výpočtů vad (např. v souvislosti s plánovaným použitím automatického vlečení měřící sondy konstantní rychlostí, na rozdíl od současného ručního způsobu vlečení), nebo eventuelní možnost nastavení univerzálních měřících defektoskopů přes komunikační rozhraní RS-232.

Cílem diplomové práce bylo vytvoření nového SW a HW systému pro čtení měřených hodnot a pro možnost jejich následné analýzy a vyhodnocování, což se podařilo realizovat. Byly vytvořeny podpůrné materiály a po provedení zkušebních měření a ověření výsledků za účasti zástupce zadavatele byl systém shledán jako použitelný pro využití v praxi..

Literatura

- [Nz08] Bernard Kopec a kol.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí*, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 2008. ISBN 978-80-7204-591-4.
- [WebD] Dites, s.r.o. – dodavatel výrobních technologií a řídicích systémů
URL: <http://www.dites.cz>
- [TedN] Ing.Věra Mravcová: *TEDECT verze 3.00 Návod na používání*, Ing.Věra Mravcová, Pezinok, 1993.
- [ExcVBA] John Walkenbach: *Microsoft Office Excel 2003 Programování ve VBA*, Computer Press, a.s., Brno, 2006. ISBN 80-251-0911-9.
- [WebK] Kontron Czech, s.r.o. – *Co je OPC?*
URL: <http://kontron-czech.com>
- [BuildC] Miroslav Virius: *C++ Builder verze 4.0 Podrobný průvodce*, Grada Publishing, spol. s.r.o., Praha, 1999. ISBN 80-7169-796-6.
- [DaqN] National Instruments: *DAQCard-700 User Manual*, National Instruments, 2001.
- [WebN] National Instruments, Inc.
URL: <http://www.ni.com>
- [OpCW] OPCWare: *OPCWareXL Excel Add-In for Real Time Links between OPC DA Servers and Excel User Manual version 18.0*, OPCWare, 2009.
- [JazC1] Pavel Herout: *Učebnice jazyka C*, Nakladatelství KOPP, České Budějovice, 1996. ISBN 80-85828-21-9.
- [JazC2] Pavel Herout: *Učebnice jazyka C 2.díl*, Nakladatelství KOPP, České Budějovice, 1996. ISBN 80-85828-50-2.
- [WebP] Petr Koupy – *konzolové aplikace*
URL: <http://koupy.net/programy.php>
- [WebS] Resolvica, Inc. – *OPCEx Excel Add-In*
URL: <http://www.resolvica.com>
- [WebR] Rohmann GmbH – *Elotest B1*
URL: <http://www.rohmann.de>
- [WebU] Ron de Bruin – *Unzip file or files with the default Windows zip program (VBA)*
URL: <http://www.rondebruin.nl/windowsxpunzip.htm>
- [WebT] Tediko, s.r.o. – *technická diagnostika komponent*
URL: <http://www.tediko.cz>
- [WebC] The Code Project – *Zip Utils – clean, elegant, simple, C++/Win32*
URL: <http://www.codeproject.com/>
- [Wiki] Wikipedia – The free encyclopedia
URL: <http://www.wikipedia.org>

Seznam příloh

- Příloha 1** Měřicí systém Tedis, Dokument specifikace požadavků verze 1.0
- Příloha 2** Měřicí systém Tedis, Uživatelský manuál verze 1.0
- Příloha 3** Měřicí systém Tedis, Programátorská příručka verze 1.0
- Příloha 4** Měřicí systém Tedis verze 1.0, instalační CD

Obsah CD

- Spustitelná instalace SW díla Tedis verze 1.0
 - Modul Tedis-Měření
 - Modul Tedis-Analýza
 - Příloha 2 - Měřicí systém Tedis, Uživatelský manuál verze 1.0
 - Dokumentace karty DAQCard-700
 - Konfigurační soubor pro Measurement & Automation Explorer
- Příloha 1 - Měřicí systém Tedis, Dokument specifikace požadavků verze 1.0
- Příloha 2 - Měřicí systém Tedis, Uživatelský manuál verze 1.0
- Příloha 3 - Měřicí systém Tedis, Programátorská příručka verze 1.0
- Text diplomové práce
- Záložní sešit modulu Tedis-Analýza
- Ovladač Traditional NI-DAQ (Legacy) 6.9.3